

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2011

Pavel Silovský

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní obor: Management jakosti

Studijní program: N3108 Průmyslový management

Katedra hodnocení textilií

Popis anizotropie struktury plošných textilií

Description of anisotropy of structure of textile fabrics

Autor:

Vedoucí diplomové práce:

Rozsah práce:

Počet stran textu.....56

Počet obrázků.....20

Počet tabulek.....17

Počet stran příloh.....25

Bc. Pavel Silovský

Prof. Radko Kovář

Předběžné zadání diplomové práce

Jméno: Pavel Silovský, KHT, E-mail: pavelsilov@seznam.cz

Název: **Popis anizotropie struktury plošných textilií**

Pokyny pro vypracování:

1. Na základě informací z literatury navrhnete způsob případně několik způsobů popisu anizotropie struktury tkaniny a pleteniny. Východiskem může být např. směrová charakteristika osy nití v plošné textilii.
2. Vypracujte analýzu vlivu anizotropie, charakterizované způsobem navrženým v bodě 1, na mechanické a případně i další vlastnosti plošných textilií.
3. Analyzujte změny anizotropie struktury, ke kterým dochází při protažení tkaniny v diagonálním směru.
4. Teoretické závěry porovnejte s výsledky experimentů.

Vedoucí DP: Prof. Radko Kovář, KTT

Konzultant:

Literatura:

Dolatabadi, M. K., Angular deformation of warp-weft yarns in cut bias plain weave fabric under biaxial load. Strutex, Liberec 2006.

Hu, Jinlian: Structure and mechanics of woven fabrics. Woodhead Publishing Ltd. 2004.

Kovář, Radko: Struktura a vlastnosti plošných textilií. TU v Liberci 2003.

Neckář, B.: Morfologie a strukturní mechanika vlákenných útvarů. TU Liberec, 1998.

Sodomka, L., Vargová, H., Connection between structure, symmetry and anisotropy of mechanical properties of woven fabrics. Vlákná a textil 9 (4) 142-148 (2002).

Termín odevzdání: květen 2011.

V Liberci dne 26. 10. 2010

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 12. května 2011 v Liberci

Podpis.....

Poděkování

Poděkování patří vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Radko Kovářovi, DrSc. za odborné vedení a rady při vypracování této diplomové práce.

Mé poděkování patří také rodině a přátelům za jejich podporu po celou dobu mého studia.

Anotace

Účelem vypracování této diplomové práce bylo zkoumání a popis anizotropie struktury plošných textilií.

V rešeršní části jsou uvedeny teoretické poznatky o plošných textiliích a struktuře tkaniny. V úvaze je navržen způsob popisu anizotropie struktury tkaniny pomocí směrové charakteristiky osy příze v základním vazebním prvku. Experimentální část je zaměřena na zjišťování deformačních vlastností tkanin s plátňovou vazbou v okamžiku přetrhu, kde jsou zpracovány naměřené hodnoty pevnosti a tažnosti tkaniny pro různé směry namáhání (0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , a 90°). Data jsou vyhodnocena pomocí tabulek a grafů. V grafech je celkové porovnání anizotropie pevnosti a tažnosti zkoušených vzorků. Anizotropie tkanin (vliv směru namáhání na pevnost a tažnost) je vyobrazena pomocí polárních diagramů. Také je experimentálně zkoumán vliv změny dostavy útku na mechanické vlastnosti tkaniny (pevnost a tažnost).

Klíčová slova: anizotropie, osnova, útek, pevnost, tažnost, struktura tkanin

Annotation

The aim of this work is to study anisotropy of structure of textile fabrics and approaches for its description.

The first part of the work deals with basic exploration of facts related to textile fabrics and structure of fabrics. In next part, an approach for description of anisotropy of structure of textile fabrics is proposed. The approach is based on assessment of directional distribution of the yarn axis in the fundamental coupling element. Experimental part focuses on survey of deformation properties of textile fabrics with plain weave in the cutting-off moment. Both tensile strength and elongation values are assessed for various stress directions (0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , and 90°). All results are evaluated using tables and figures. The figures provide also overall comparison of anisotropy of tensile strength and ductility of examined samples. Anisotropy, the effect of direction of the stress on tensile strength and ductility, is depicted using polar charts. Further, the impact of change in pickage weft on mechanical properties of the fabrics is experimentally studied.

Keywords: anisotropy, warp, weft, tensile strength, ductility, fabrics structure

Přehled použitých zkratk a symbolů

Symbol	Jednotka	Popis
A	[mm]	Rozteč útkových nití ve tkanině
B	[mm]	Rozteč osnovních nití ve tkanině
d	[mm]	Průměr nitě
D_o	[cm ⁻¹]	Dostava osnovy
d_o	[mm]	Průměr osnovní nitě
D_u	[cm ⁻¹]	Dostava útku
d_u	[mm]	Průměr útkové nitě
F	[N]	Síla, výstupní tahová síla
h	[mm]	Výška, vlny nitě ve tkanině
H	[mm]	Vzdálenost os.nití ve vazném bodu
h_o	[mm]	Výška vazné vlny osnovy
h_u	[mm]	Výška vazné vlny útku
K	[-]	Koeficient
K_{vp}	[-]	Koeficient využití pevnosti
l	[mm]	Konečná délka po natažení
L	[mm]	Délka, deformované nitě ve vazném prvku
l_0	[mm]	Počáteční (původní) délka vzorku zvaná upínací délka
L_o	[mm]	Délka osnovní nitě vytažené z tkaniny
L_u	[mm]	Délka útkové nitě vytažené z tkaniny
L_{vz}	[mm]	Délka vzorku tkaniny ve směru po osnově
M	[Nm]	Ohybový moment
M	[g/m ²]	Hmotnost metru čtverečního tkaniny
N	[N]	Normálová síla
n_o	[-]	Počet osnovních nití ve střídě
n_u	[-]	Počet útkových nití ve střídě
R	[-]	Regresivní parametr
r_s	[mm]	Rozteč vazných bodů ve svislém směru
r_v	[mm]	Rozteč vazných bodů ve vodorovném směru
S	[m ²]	Plocha
s	[-]	Směrodatná odchylka
s^2	[-]	Rozptyl
S_A	[-]	Stupeň anizotropie vlastnosti plošné textilie
s_o	[%]	Setkání osnovy
s_u	[%]	Setkání útku

S_v	[mm]	Šířka vzorku tkaniny ve směru po útku
t	[mm]	Tloušťka tkaniny
T	[tex]	Jemnost nitě
T_o	[tex]	Jemnost osnovní niti
T_u	[tex]	Jemnost útkové niti
ν	[%]	Variační koeficient
ν	[-]	Variační koeficient
W	[J]	Energie, práce
x	[-]	Aritmetický průměr
x, y	[-]	Souřadnice
X_{\max}	[-]	Maximální hodnota vektorové vlastnosti plošné textilie měřené v závislosti na směru
X_{\min}	[-]	Minimální hodnota vektorové vlastnosti plošné textilie měřené v závislosti na směru
$Z_{c,m}$	[-]	Celkové mezní zakrytí tkaniny
β	[rad]	Úhel směru změny směru vedení nitě
γ	[rad]	Úhel zvlnění ve tkanině
ε	[-]	Relativní změna rozměrů
μ	[-]	Zaplnění plošné textilie
ζ	[-]	Relativní zvlnění nitě ve tkanině
σ	[Pa, N. m ⁻²]	Napětí

Obsah:

1	ÚVOD.....	11
2	TEORETICKÁ ČÁST	12
2.1	Plošné textilie	12
2.1.1	Rozdělení plošných textilií	12
2.1.2	Způsoby deformace plošných textilií.....	12
2.1.3	Mechanické vlastnosti plošných textilií.....	13
2.2	Tkanina a její struktura.....	13
2.2.1	Tkanina	13
2.2.2	Pro popis tkaniny se používají následující základní termíny:	13
2.2.3	Vazby tkanin.....	14
2.3	Struktura a geometrie tkaniny	18
2.3.1	Geometrický model struktury tkaniny oblouk - úsečka (Pierce).....	18
2.3.2	Upravený model oblouk-úsečka	19
2.3.3	Modely tkaniny s limitním zaplněním	21
2.4	Pevnost a tažnost tkaniny.....	23
2.4.1	Deformace při namáhání tahem	23
2.4.2	Pevnost tkaniny.....	24
2.4.3	Tažnost tkaniny.....	25
2.4.4	Anizotropie plošných textilií	27
2.4.5	Směrová pevnost a tažnost tkaniny	28
2.5	Analýza změny anizotropie struktury tkaniny v diagonálním směru.....	29
3	ÚVAHA	32
3.1	Postup při vyhodnocení distribuce směrů osy příze ve vazné vlně tkaniny.....	33
3.1.1	Způsoby možného vyhodnocení směrová charakteristika vedení nitě (distribuce osy nitě v základním vazebním prvku).	34
3.2	Vyhodnocení distribuce směru osy příze pro různé modely vazné vlny tkaniny	35
3.2.1	Vyhodnocení distribuce směru pro vyrovnanou čtvercovou tkaninu v plátňové vazbě.....	36
3.2.2	Vyhodnocení distribuce směru pro mezní případ, maximálního zvlnění útku.....	37
3.2.3	Vyhodnocení distribuce směru osy nitě pro Pierceův model vazné vlny tkaniny.	38
3.2.4	Vyhodnocení distribuce směru pro sinusovou křivku osy vazné vlny.	39
3.3	Vyhodnocení (shrnutí úvahy)	39
3.4	Analýza vlivu anizotropie	40
3.4.1	Vyhodnocení distribuce osy útku v průběhu namáhání ve směru útku.....	41
3.4.2	Vyhodnocení distribuce osy osnovy v průběhu namáhání ve směru útku.	42
4	EXPERIMENT.....	45
4.1	Popis univerzálního přístroje Instron 4411	46
4.2	První část experimentu	47
4.2.1	Příze v tkanině a její rozbor	47
4.2.2	Tkaniny pro experiment rozdělené dle dostav	47
4.2.3	Popis vzorku	48

4.2.4	Postup měření	48
4.2.5	Statistické vyhodnocení	50
4.2.6	Pevnosti a tažnosti tkanin	51
4.3	Druhá část experimentu	55
4.3.1	Rozbor příze	55
4.3.2	Popis vzorku tkaniny	55
4.3.3	Znázornění přípravy měřených vzorků tkaniny	56
4.3.4	Tabulky naměřených hodnot pro jednotlivé úhly namáhání	57
4.3.5	Grafické vyhodnocení výsledků naměřených hodnot	60
5	ZÁVĚR	63
6	POUŽITÉ ZDROJE	66
7	PŘÍLOHA	67

1 Úvod

S plošnými textiliemi se setkáváme v každodenním životě, jejich využití je vidět doslova na každém kroku. Abychom dokázali textilie co nejlépe uplatnit, je nezbytné zkoumat jejich strukturu, jde především o podstatu, o to co je uvnitř struktury a z čeho se skládá celek. Oproti jiným materiálům se textilie chovají do jisté míry nepředvídatelně. Při zkoumání plošných textilií je cílem výroby textilního materiálu získat materiál s určitými vlastnostmi, které jsou optimální pro jeho využití. Struktura textilie je nositelkou vlastností a bez jejího chápání nelze pochopit resp. předpovídat ani chování zkoumaného objektu. Výrobu plošných textilií nejvíce ovlivňují vlastnosti samotných nití, z kterých je plošná textilie zhotovena. Textilní nitě jsou nositelkami struktury a vlastností výsledné plošné textilie.

Cílem diplomové práce je popsat a posoudit anizotropii plošných textilií, především tkanin. Pojem struktura tkanin zahrnuje celou řadu charakteristik jako jsou například materiál, jemnost přízí, konstrukce příze, dostava osnovy a útku, vazba tkaniny. Pomocí geometrického modelu provázání nitě ve tkanině jsou sledovány vztahy mezi jednotlivými charakteristikami tohoto provázání.

V diplomové práci budou popsány základní charakteristiky tkanin, které by mohli sloužit jako výchozí informace pro další bádání v oblasti anizotropie textilií. Dále budou popsány navržené metody vyhodnocení směrové charakteristiky osy nitě v tkanině, z kterých lze sledovat změny v struktuře vlivem namáhání a lze z nich posoudit vliv anizotropie.

2 Teoretická část

2.1 Plošné textilie

Plošné textilie jsou všechny textilní útvary, jejichž dva rozměry jsou mnohonásobně větší než rozměr třetí [6]. Plošné textilie se vyznačují směrovou závislostí mechanicko-fyzikálních vlastností, která se nazývá anizotropie. Anizotropii vlastností kvantifikovaných skalární veličinou (jako je například pevnost v tahu) je možné znázornit graficky polárními diagramy. Obecně je možné konstatovat, že mechanicko-fyzikální vlastnosti textilií jsou určovány především jejich strukturou [5].

2.1.1 Rozdělení plošných textilií

Plošná textilie je plošný útvar, vytvořený z přízí (vláken) různými technologiemi, jejichž produkty jsou:

- Tkaniny
- Pleteniny
- Netkané textilie
- Vrstvené textilie

2.1.2 Způsoby deformace plošných textilií

Popis formy deformace plošných textilií, vztah mezi deformací v různých směrech a jak ovlivňuje tahovou deformaci směr nití v plošné textilii.

Klasifikace způsobů deformace

Roztřídění deformační vlastnosti a jejich klasifikace.

1. Tahová
 - 1.1. při jednoosém zatížení,
 - 1.2. při dvouosém (biaxiálním) zatížení.
2. Ohybová
 - 2.1. působení ohybového momentu,
 - 2.2. vzpěr (tlak přechází v ohyb).
3. Smyková (tečné napětí).
4. Příčné stlačení [4]

2.1.3 Mechanické vlastnosti plošných textilií

Mechanické vlastnosti plošných textilií popisují schopnost těles měnit tvar, případně objem (tj. schopnost deformovat se) v důsledku působení vnějších mechanických sil. Vnější síla vyvolá v tělese napětí σ , které vede ke vzniku odpovídající deformace ϵ .

Za nejdůležitější fyzikální charakteristiky popisující mechanické vlastnosti považujeme pevnost v tahu a tažnost. Odpor materiálu proti deformaci charakterizuje modul, obecně definovaný jako poměr aplikovaného napětí a vzniklé deformace. Čím je modul vyšší, tím vyššího napětí je třeba k dosažení deformace.

Pevnost materiálu je definována jako maximální tahová síla, které způsobí destrukci materiálu. Pevnost je určena výchozí strukturou plošné textilie.

Tažnost odpovídá prodloužení vzorku při dosažení maximální tahové síly, vyjadřuje se v procentech upínací délky. Pracovní diagram je pak záznam tahové zkoušky, tj. závislost síly působící na vzorek na prodloužení vzorku při zkoušce.[7]

2.2 Tkanina a její struktura

2.2.1 Tkanina

Tkanina je plošný výrobek, který se skládá ze dvou vzájemně kolmých soustav nití, provázaných podle požadované vazby. Podélná soustava nití se nazývá osnova a příčná soustava nití se nazývá útek.[2] Vazba tkaniny je důležitá jak pro samotnou konstrukci textilie, kdy se vytváří vzor, vzhled a částečně i vlastnosti budoucího materiálu, tak i pro identifikaci jednotlivých typů tkanin.[6]

2.2.2 Pro popis tkaniny se používají následující základní termíny:

Osnova– soustava nití ležících ve směru délky tkaniny. Skládá se z většího počtu nití (stovky až tisíce) rovnoběžných s okraji tkaniny.

Útek– nit kolmá k osnově, ukládá se rovnoběžně s předchozím útkem.

Vazba tkaniny– způsob vzájemného provázání osnovních a útkových nití.

Dostava tkaniny– parametr, který udává hustotu (počet) dané soustavy (ve směru osnovy a útku) nití na 100 [mm], v praxi běžně na 1 [cm].

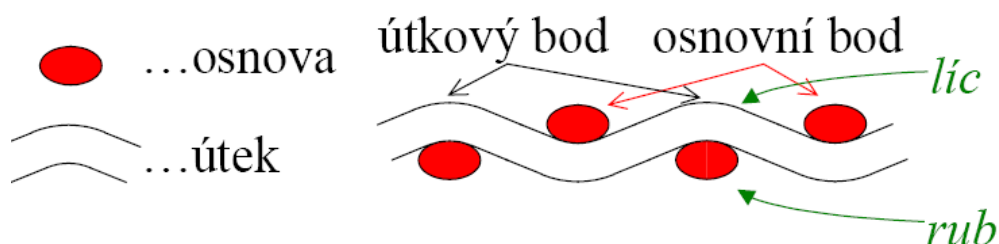
Vazný bod– překřížení osnovní nití s útkovou.

Osnovní vazný bod– osnovní nit je při křížení položena nad útkem.

Útkový vazný bod– útek je nad osnovní nití v místě křížení.

Setkání osnovy (S_o) a útku (S_u) - rozdíl délký nitě před tkaním (L_{vo} , L_{vu}) a délký nitě ve tkanině (L_o , L_u).

Střída vazby - je nejmenší část vazby tkaniny, která se pravidelně opakuje v celé ploše tkaniny. Velikost střídy je dána počtem osnovních a útkových vazných bodů [1].



Obrázek 1: Schéma tkaniny a základní pojmy [3].

Počet osnovních nití ve střídě... n_o

Počet útkových nití ve střídě... n_u

Počet vazných bodů ve střídě... $v = n_o \cdot n_u$

2.2.3 Vazby tkanin

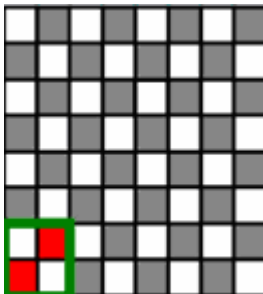
Správná volba vazby tkaniny je velmi důležitá. Vytváří nejen vlastní tkaninu, ale dodává tkanině určité vlastnosti (pevnost, splývavost, tuhost, drsnost, vzhled, omak aj.). Volba vazby tkaniny závisí též na zpracovávaném materiálu (v osnově i útku) a na dalším použití tkaniny. Mezi základní vazby tkanin patří vazba plátnová, keprová a atlasová.

Plátnová vazba

Tato diplomová práce se věnuje především tkanině plátnové vazby. Je to nejjednodušší a nejhustěji provázaná vazba. Jedná se o nejpevnější a nejtrvanlivější vazbu. Střídu vazby tvoří dvě nitě osnovní a dvě nitě útkové. Je to vazba oboustranná. Typické je pravidelné střídání osnovních a útkových vazných bodů, resp. skupin osnovních a útkových vazných bodů.

$$P \frac{N_o}{N_u}$$

$$P \frac{1}{1}$$



Obrázek 2: Vyobrazení plátnové vazby [3].

Dostava tkaniny

Dostavou rozumíme počet nití na jednotku délky, udává se na $[\text{cm}^{-1}]$. Dostava je definována zvlášť pro osnovní a zvlášť pro útkovou soustavu nití s označením:

$D_o [\text{cm}^{-1}]$...dostava osnovy

$D_u [\text{cm}^{-1}]$...dostava útku

Dostava (hustota) tkaniny závisí na jemnosti a materiálovém složení příze, vazbě a účelu použití tkaniny. Je ovlivňována také silovým působením tkacího procesu [7].

Setkání nití ve tkanině

Setkání vyjadřuje zkrácení osnovy či útku vlivem provázání nití ve tkanině po zatkání.

Setkání je definováno zvlášť pro osnovu a útek, v uvedeném pořadí následovně [8]:

$$s_o = \frac{L_o - L_{vz}}{L_{vz}} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

$$s_u = \frac{L_u - S_{vz}}{S_{vz}} \cdot 100[\%] \quad (2)$$

s_o [%]...setkání osnovy

s_u [%]...setkání útku

L_o [mm]...délka osnovní nitě vytažené z tkaniny

L_u [mm]...délka útkové nitě vytažené z tkaniny

L_{vz} [mm]...délka vzorku tkaniny ve směru po osnově

S_{vz} [mm]...šířka vzorku tkaniny ve směru po útku

Délka tkaniny

Délka tkaniny s označením L_{tk} [m] je jejím rozměrem ve směru osnovních nití.

Při stanovení délky osnovy L_o a jejího setkání S_o , pro délku tkaniny platí [4]:

$$L_{tk} = \frac{L_o}{\left(1 + \frac{s_o}{100}\right)} \quad (3)$$

Plošná hmotnost tkaniny

Hmotnost tkaniny je hmotností všech nití obou soustav. Hmotnost tkaniny závisí na dostavě v jednotlivých soustavách, jejich jemnostích a také na setkání nití v těchto soustavách.

$$M = \left[D_o T_o \left(1 + \frac{s_o}{10^2}\right) + D_u T_u \left(1 + \frac{s_u}{10^2}\right) \right] \cdot 10^{-2} \quad (4)$$

M [g/m²]...hmotnost metru čtverečného tkaniny

T_o [tex]...jemnost osnovní nití

T_u [tex]...jemnost útkové nití

D_o [cm⁻¹]...dostava osnovy

D_u [cm⁻¹]...dostava útku

s_o [%]...setkání osnovy

s_u [%]...setkání útku

Rozteč nití v provázání

Velikost vazby ve tkanině lze vyjádřit na základě velikosti střídy. Velikost střídy lze charakterizovat počtem osnovních nití s označením n_o a počtem útkových nití s označením n_u .

Okolí jednoho zakřížení osnovní a útkové nití je nazváno vazným bodem neboli vaznou buňkou tkaniny. Rozlišujeme rozteč útkových nití A a rozteč osnovních nití B , pro které platí [3]:

$$A = \frac{1}{D_u} \cdot 10^2 \quad (5)$$

$$B = \frac{1}{D_o} \cdot 10^2 \quad (6)$$

Plošné zakrytí tkaniny

Jedná se o parametr, na základě kterého je možné posuzovat některé užité vlastnosti tkanin (např. prodyšnost). Plošné zakrytí vychází z půdorysné plochy nití ve vazné buňce tkaniny. Plocha vazné buňky je zčásti kryta osnovní a zčásti útkovou nití. Celkové plošné zakrytí tkaniny Z [%] lze vyjádřit na základě dílčích plošných zakrytí z_o [%], z_u [%].

$$Z = \frac{\text{viditelná půdorysná plocha nití}}{\text{plocha vazné buňky}} = \frac{d_o \cdot A + d_u \cdot B - d_o \cdot d_u}{A \cdot B} \quad (7)$$

z čehož :

$$Z_o = \frac{\text{půdorysná plocha osnovní nitě}}{\text{plocha vazné buňky}} = \frac{d_o \cdot A}{A \cdot B} = \frac{d_o}{B} \quad (8)$$

$$Z_u = \frac{\text{půdorysná plocha útkové nitě}}{\text{plocha vazné buňky}} = \frac{d_u \cdot A}{A \cdot B} = \frac{d_u}{A} \quad (9)$$

A [mm]...rozteč útkových nití ve tkanině
 B [mm]...rozteč osnovních nití ve tkanině

d_o [mm]...průměr osnovní nitě
 d_u [mm]...průměr útkové nitě

Tloušťka tkaniny

$$t = \max[2h_o + d_o, 2h_u + d_u] \quad (10)$$

h_o [mm]...výška vazné vlny osnovy
 h_u [mm]...výška vazné vlny útku

2.3 Struktura a geometrie tkaniny

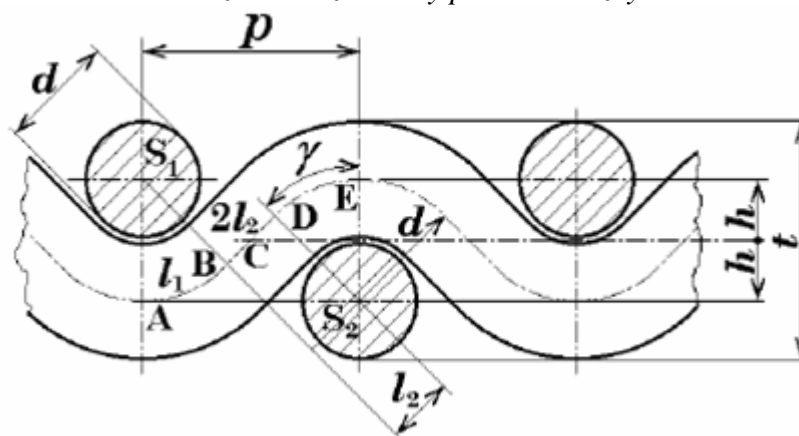
Strukturu tkaniny lze posuzovat z hlediska plošné nebo prostorové geometrie. Plošná geometrie tkaniny je určena vazbou, materiálem, dostavou apod. Tkanina je těmito parametry definována jen z části. Závažnou roli hraje prostorová geometrie tkaniny, jejímž hlavním parametrem je zvlnění osnovy a útku ve vazné buňce tkaniny, tj. jedno zakřížení osnovy a útku v půdorysném pohledu.

Geometrické modely struktury tkaniny

2.3.1 Geometrický model struktury tkaniny oblouk - úsečka (Pierce)

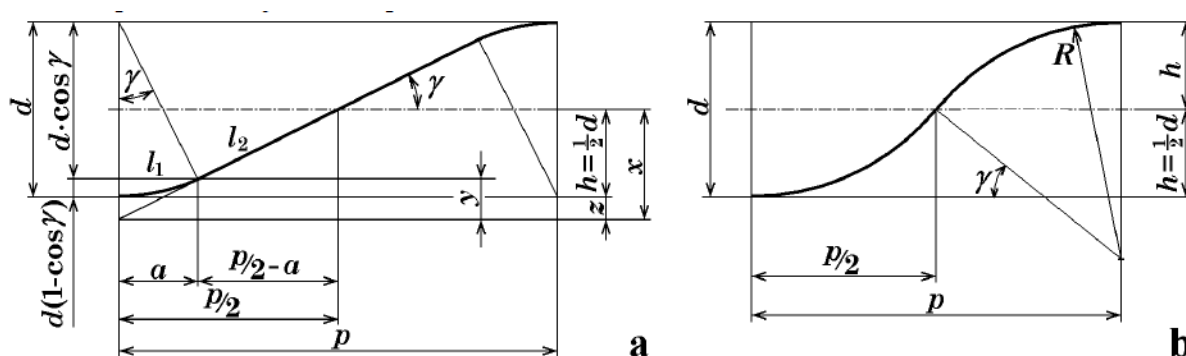


Obrázek 3: Řez tkaniny plátnové vazby.



Obrázek 4: Geometrický model (Pierce).

Klasický jednoduchý model předpokládá, že průřez nitě je kruhový a tvar osy nitě ve vazném prvku je složen z kruhového oblouku a úsečky (pro osnovu i útek). Na obr.4 je nakreslen při stejném průměru nití osnovy a útku a při tzv. čtvercovém uspořádání ($p_o = p_u$). Úseky l_1 a l_2 jsou ve vazném prvku (vlně) obsaženy dvakrát. Výška (amplituda) vazné vlny je h , úhel zvlnění γ . Budeme předpokládat čtvercovou vyrovnanou tkaninu ($p_o=p_u=p$, $d_o=d_u=d$, $h_o=h_u=h$), takže tloušťka tkaniny bude odpovídat dvojnásobku průměru nitě $t = 2d$ [9].



Obrázek 5: Schéma osy nitě modelu oblouk – úsečka a oblouk – oblouk.

Pro výpočet vztahů jsou vstupními proměnnými průměr nitě d , který definuje amplitudu vazné vlny ($h = d/2$) a rozteč nití p , popisující podélný rozměr vazné vlny, obr.5 a. Pro daný poměr d/p si budou nakreslené obrazce podobné, což znamená že budou mít stejné úhly zvlnění β a také stejný poměr délky nitě ve vazné vlně k rozteči nití l/p [4].

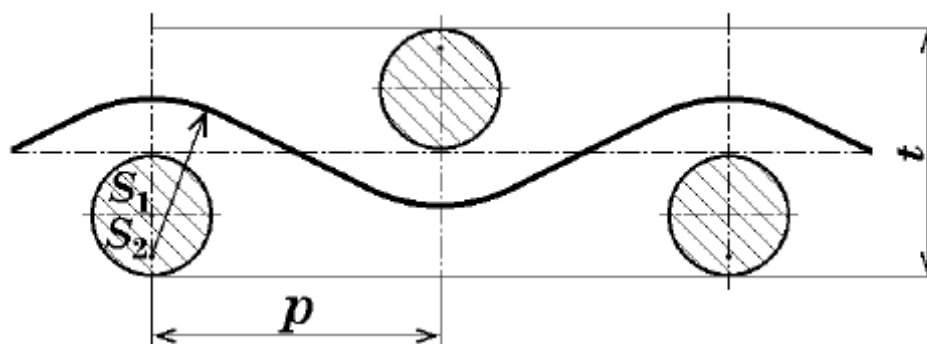
$$l = 2(l_1 + l_2) = 2d \cdot \gamma + \frac{p}{\cos \gamma} - 2d \cdot \tan \gamma = 2d(\gamma - \tan \gamma) + \frac{p}{\cos \gamma} \quad (11)$$

l ...celková délka vazné vlny pro jeden vazný prvek.

2.3.2 Upravený model oblouk-úsečka

Upravený model oblouk-úsečka (Ing. Richterová [10]) je na obr.6. Od původního se liší polohou středu oblouku osy útkové nitě (původně byl totožný se středem průřezu nitě osnovní S_1 , nyní je posunut do bodu S_2). Tato modifikace může lépe odpovídat realitě vzhledem k tomu, že do jisté míry respektuje nestejnoměrnou

deformaci průřezu nitě. V oblasti svislé osy působí největší kontaktní napětí mezi nitěmi vazného prvku, a proto zde lze očekávat i největší deformaci průřezu nití [4].

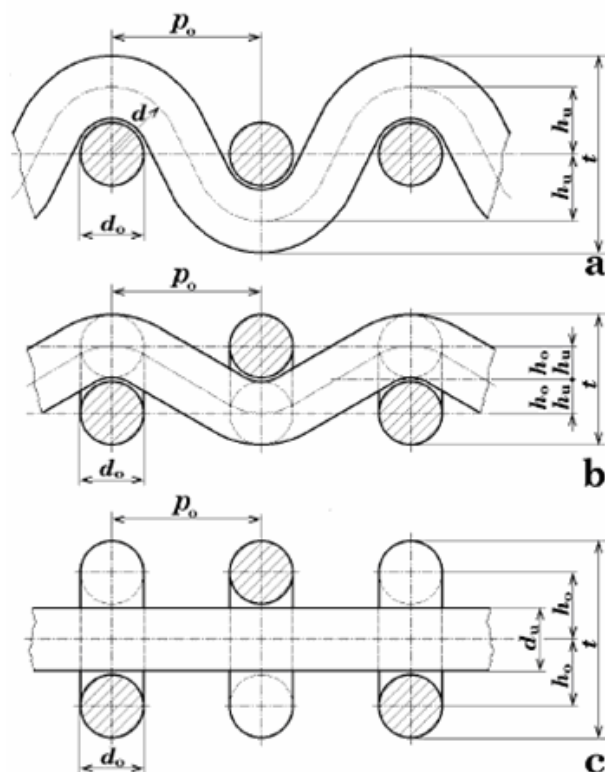


Obrázek 6: Upravený Piercův model.

Zvlnění nití

Vlna, kterou vytváří osa nitě ve tkanině, má určitou výšku – amplitudu. Tento parametr, vyjadřuje absolutní zvlnění osnovy h_o nebo útku h_u . Součet obou hodnot je celkové zvlnění $H = h_o + h_u$. Relativní zvlnění je poměr absolutního zvlnění osnovy nebo útku k celkovému: $\xi_o = h_o/(h_o+h_u)$ a $\xi_u = h_u/(h_o+h_u)$.

Z definice je zřejmé, že platí $\xi_o + \xi_u = 1$. Každá z hodnot relativního zvlnění tudíž leží v intervalu 0 až 1, mohou ale nabývat různých hodnot především v závislosti na roztečích, průměrech, ohybové tuhosti a osových napětích osnovních a útkových nití. Tři z řady možností jsou nakresleny na obr.7. Na obr.7a je extrém s nulovým zvlněním osnovních nití, absolutní i relativní zvlnění osnovy je tedy nulové, útku maximální ($\xi_u=1$). Tloušťka tkaniny je $t = d_o + 2d_u$, při stejných průměrech osnovní a útkové niti $t = 3d$. Stejnou hodnotu zvlnění osnovy a útku bude mít tkanina v případě, že budou obě soustavy nití stejné, budou mít stejné dostavy i stejné osově napětí tuto situaci ilustruje obr.7b. Bude tedy platit, že $\xi_o=\xi_u=1/2$ a $t = d_o + d_u$. Na obr.7c je znázorněn další extrémní případ s nezvlněnými útkovými nitěmi. Je to analogie k variantě (a), pouze s tím rozdílem, že to co platilo pro útkové nitě platí nyní pro nitě osnovní a naopak. Podobně by bylo možné znázornit ke každé variantě podélný řez. Pro případ (a) by vypadal jako příčný řez (c) s vyměněnými nitěmi a naopak, pro variantu (b) by oba řezy měly stejnou geometrii [4].



Obrázek 7: Příklady zvlnění nití ve tkanině [4].

2.3.3 Modely tkaniny s limitním zaplněním

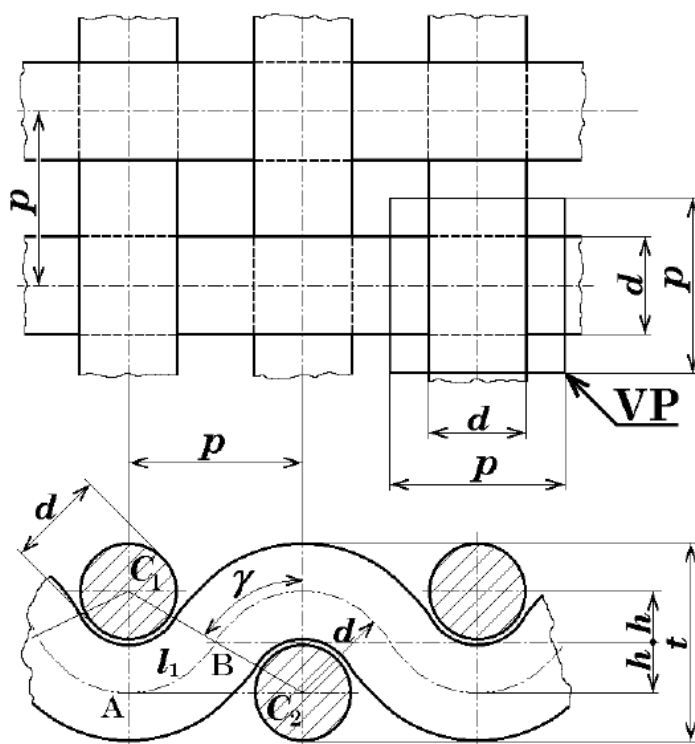
2.3.3.1 Limitní zaplnění čtvercové tkaniny

Popis textilie s největším možným zaplněním. Pro popis míry kompaktnosti textilie lze použít známé parametry:

- a) součinitel zaplnění (poměr objemu délkové a plošné textilie) μ
- b) součinitel zakrytí (poměr plochy zakryté nití k celkové ploše textilie) z .

Výpočet obou koeficientů se zpravidla provádí pro jeden vazný (strukturální) prvek VP (obr.8). Pro modelování limitně zaplněné čtvercové tkaniny (dostavy i přize jsou ve směru osnovy i útku stejné, tj. $D_{\square} = D_o = D_u$ a $d_{\square} = d_o = d_u$) lze vyjít z modelu „oblouk – úsečka“ (Pierce), viz (obr. 4). Je zřejmé, že pokud existuje ve vazné vlně úsečka l_2 určité délky, nejedná se o tkaninu v limitní dostavě, neboť se nitě k sobě mohou ještě více přiblížit. Největšímu možnému zaplnění bude odpovídat model podle (obr.8), kdy je $l_2 = 0$. Dále platí, že výška vlny je pro oba směry $h = d/2$ a úhel zvlnění

(max.) γ ($\gamma=60^\circ$). Tloušťka tkaniny bude $t = 2d$. Z pravoúhlého trojúhelníka AC_1C_2 je zřejmé, že platí $(2d)^2 = p^2 + d^2$ a odtud rozteč nití p : $p = \sqrt{(2d)^2 - d^2} = \sqrt{3} \cdot d$ [11]



Obrázek 8: Plátňová tkanina v limitní čtvercové dostavě [11].

Ze stejného trojúhelníka určíme úhel zvlnění: $\cos \gamma = \frac{d}{2d} = 0,5$ a $\gamma = \frac{\pi}{3}$

Délka nitě v jednotce struktury: $l = 2 \cdot l_1 = 2 \cdot d \cdot \gamma \cong 2,01 \cdot d$

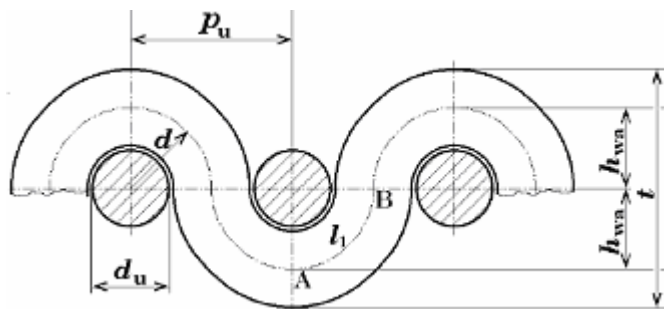
Zakrytí: $z = \frac{2 \cdot d \cdot p - d^2}{p^2}$ a po dosazení $z = \frac{2 \cdot \sqrt{3} - 1}{3} \cong 0,821$

Zaplnění: $\mu = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot l}{p^2 \cdot t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l}{4 \cdot p^2 \cdot t} = \dots = \frac{\pi^2}{18} \cong 0,548$ [11]

2.3.3.2 Limitní zaplnění nečtvercové tkaniny

Návrh modelu maximálně zaplněné tkaniny s různými dostavami v osnově a útku. První představa bude tato:

- Relativní zvlnění jedné soustavy (např. osnovy) bude $\xi_o = 1$, druhé $\xi_u = 0$, obr.9.
- Minimální rozteč osnovních nití bude odpovídat průměru nití $p_o = d_o$.
- Minimální rozteč přírodních útkových nití bude $p_u = d_o + d_u$.



Obrázek 9: Model tkaniny s různými dostavami [12].

Zakrytí bude stoprocentní ($z=1$), plocha vazného prvku $S_{VP} = p_o \cdot p_u = d_o^2 + d_o \cdot d_u$, bude-li $d_o = d_u = d$ vyjde $S_{VP} = 2 \cdot d^2$ (u čtvercové dostavy bylo $p_o = p_u$ a $S_{VP} = p^2 = (\sqrt{3} \cdot d)^2$). Délka vlny osnovní nitě bude $l_o = \frac{\pi \cdot (d_o + d_u)}{2}$ (půlkružnice) a útkové nitě $l_u = d_o$.

$$\text{Výpočet zaplnění je dán rovnicí: } \mu = \frac{\frac{\pi}{4} (l_o \cdot d_o^2 + l_u \cdot d_u^2)}{p_o \cdot p_u \cdot t} = \dots = \frac{\pi(\pi+1)}{4 \cdot 2 \cdot 3} \cong 0,549$$

dostáváme tedy shodné zaplnění jako u čtvercové tkaniny.

Relace se změní, bude-li mít osnovní nit menší průměr např. $d_u = 2 \cdot d_o$ pak je vypočteno $\mu \cong 0,570$ což představuje větší zaplnění nežli u limitní čtvercové dostavy. Maximální zaplnění tkaniny, ale nemůže překonat hodnotu zaplnění $\mu = \frac{\pi \cdot d_u^2}{4 \cdot d_u^2} \cong 0,785$, která je vypočtena při zanedbatelném průměru osnovy $d_o \rightarrow 0$ a $t \rightarrow d_u$ [11].

2.4 Pevnost a tažnost tkaniny

Mechanické vlastnosti tkanin jsou ovlivněny mechanickými vlastnostmi přízí, ze kterých je tkanina vyrobena a také vlastní konstrukcí tkaniny (dostavou nití a vazbou). [13]. Pod pojmem mechanické vlastnosti rozumíme projev textilie na vnější silové působení, při kterém dochází k deformaci útvaru a ke změnám ve struktuře textilie, což vede i ke změnám vlastností [5].

2.4.1 Deformace při namáhání tahem

Při tahovém namáhání tkaniny se uplatňuje více deformačních mechanismů: změna zvlnění, protažení nitě, deformace tvaru a plochy průřezu a změna

úhlu mezi nitěmi. Míra jejich uplatnění a podílu na výsledné deformaci tkaniny závisí na vlastnostech nitě, počáteční struktuře tkaniny a na směru zatěžování. Tyto tři faktory přitom spolu souvisí. Řídce dostavená tkanina s malým zvlněním nití bude mít ve směru osnovy a útku nízkou tažnost, danou převážně tažností nití, zatímco v diagonálním směru se ve velké míře uplatní zkosení. U hustěji dostavené tkaniny se bude moci více uplatnit napřímení nití při osovém tahu, zatímco zkosení v šikmých směrech deformace bude omezováno tlakem sousedních nití. Jednotlivé deformační mechanismy se na deformaci tkaniny mohou podílet přímo, nebo nepřímo. Přímá funkce spočívá v tom, že příslušná změna struktury, např. napřímení nití, se projeví prodloužením tkaniny. Nepřímé působení umožňuje, aby se projevil jiný deformační mechanismus, tedy např. zvlnění příčné soustavy umožní napřímení nití orientovaných ve směru zatěžování. Z uvažovaných mechanismů deformace mohou mít přímou i nepřímou funkci všechny s výjimkou deformace průřezu; změna jeho plochy nebo tvaru je důležitým faktorem, nemůže však sama o sobě vést k protažení tkaniny (přímou funkci by měla např. při stlačování tkaniny působením normálové síly). Rovněž obě soustavy nití hrají odlišnou roli při deformaci tkaniny. Určující pro výslednou deformaci je zpravidla soustava méně skloněných nití, zatímco druhá soustava se přizpůsobuje tlaku vyvolanému ve vazných bodech deformací průřezů a zvětšením svého zvlnění, a tím nepřímo napomáhá většímu protažení tkaniny [14].

2.4.2 Pevnost tkaniny

Pevnost je síla, potřebná k porušení textilie jednotkové šířky. Pevnost při namáhání ve směru osnovy nebo útku závisí především na pevnosti odpovídajících nití a na jejich hustotě - dostavě D_0 , D_u . Nebude ale odpovídat pouhému součtu pevností nití uložených ve směru namáhání.

K hlavním důvodům, vedoucím k neúplnému využití pevnosti nití ve tkanině patří:

a) Nestejnoměrnost nitě - pevností nitě F_N je myšlena pevnost průměrná, ve tkanině se ale může přetrhnout nejslabší místo - princip nejslabšího článku. Velký vliv na pevnost tkaniny má i tažnost nití a její stejnoměrnost. Budou-li některé nitě méně tažné, dojde k jejich destrukci dříve.

b) Způsob namáhání nitě – způsob namáhání plošné textilie je odlišný v případě thání a zjišťování pevnosti nitě.

c) Nestejnoměrnost struktury tkaniny - nitě s menším součinitelem provázanosti, tj. s menším setkáním, jsou relativně více protaženy a mohou se dříve přetrhnout. Nestejnoměrnost tkaniny může rovněž vést k nestejnoměrnému namáhání.

d) Lokální koncentrace napětí při experimentu, která se vyskytuje především v místě upnutí.

Pevnost příze nevyužívá stoprocentně pevnost vláken, při přetrhu příze dojde k porušení jen určitého podílu vláken. Ve tkanině se zvětší počet a velikost třecích sil mezi vlákny a jejich pevnost může být využita lépe. Vztah pro výpočet pevnosti má podobu

$$F_{p-o,u} = D_{o,u} \cdot F_N \cdot K_{VP} \quad (12)$$

Komplikovanější je stanovení pevnosti tehdy, když se na této vlastnosti podílí více soustav nití. Mohou to být nitě uložené v různých směrech, různě pevné a tažné nitě, nitě různě provázané apod. Dříve se přetrhnou nitě méně tažné a nitě, svírající se směrem deformace menší úhel.

2.4.3 Tažnost tkaniny

Za tažnost považujeme relativní prodloužení v okamžiku prvního porušení struktury, i když dosud neporušené součásti textilie mohou po další deformaci přenášet ještě třeba i několikrát větší napětí. Při modelovém stanovení tažnosti tkaniny ve směru osnovy nebo útku budeme předpokládat, že délka nedeformované nitě ve vazném prvku je l_o nebo l_u a rozteč nití p_o nebo p_u a dále, že se nit může protáhnout o hodnotu ε_n (relativní tažnost). Dále předpokládejme, že se nit při napínání tkaniny ve směru osnovy (útku) může zcela napřímit. Při namáhání tkaniny na mez pevnosti deformace průřezu nití zpravidla dovolí jejich napřímení. Reálná tkanina s nitěmi, jejichž pevnost, tažnost, průměr apod. kolísá, bude mít tažnost při přetržení menší, neboť se díky nestejnoměrnostem začne trhat dříve, nežli se všechny nitě prodlouží až na mez své tažnosti. Vazební prvek se prodlouží z hodnoty p_u na $l_o \cdot (1+\varepsilon_n)$ pro napínání ve směru

osnovy a z hodnoty p_o na $l_u \cdot (1 + \varepsilon_n)$ pro deformaci ve směru útku. Pro stanovení tažnosti tkaniny tak získáme vztahy:

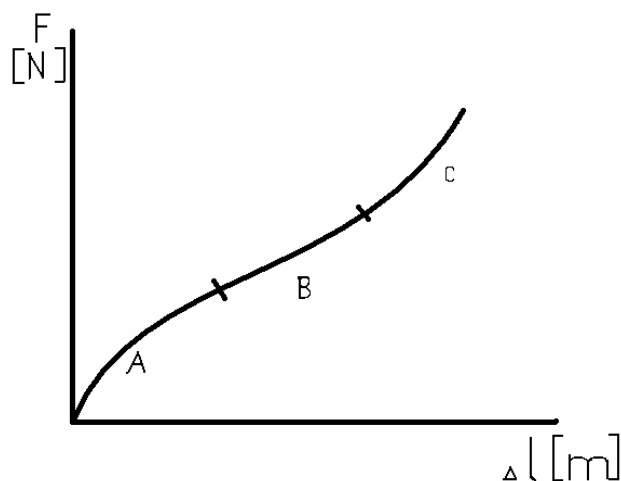
$$\begin{aligned}\varepsilon_o &= \frac{l_o \cdot (1 + \varepsilon_n) - p_u}{p_u} = l_o \cdot (1 + \varepsilon_n) \cdot D_u - 1 \\ \varepsilon_u &= \frac{l_o \cdot (1 + \varepsilon_n) - p_o}{p_o} = l_u \cdot (1 + \varepsilon_n) \cdot D_o - 1\end{aligned}\quad (13)$$

Poměr l_o/p_u nebo l_u/p_o lze snadno zjistit, pokud známe tzv. setkání tkaniny tj relativní zkrácení nitě jejím zvlněním po zatčení. S použitím našich parametrů je setkání ε_s definováno jako

$$\begin{aligned}\varepsilon_{so} &= \frac{l_o - p_u}{p_u} \\ \varepsilon_{su} &= \frac{l_u - p_o}{p_o}\end{aligned}\quad (14)$$

Důležitým faktorem ovlivňujícím popsané charakteristiky je vlhkost. Pevnost i tažnost za sucha a za mokra se od sebe mohou značně lišit. Příčinou je vliv vody na řadu vlastností většiny textilních vláken (pevnost, třecí vlastností, deformační vlastností, geometrie apod.) [8].

Tahová křivka má charakteristické tři sekce, které nejsou mezi sebou ostře ohraničeny, jedna však plynule přechází v druhou a mají u různých textilií různé reakce viz (graf 1). Sekce A je ovlivněná působením mezivlákněných třecích sil a to jak ve vazných bodech textilie, tak i v nitích, které jsou napřimovány a u kterých se teprve v sekci B vyskytuje větší přírůstek prodloužení. Zde nastává vyrovnání tvaru nití daného vazbou a v tomto silovém poli se tomuto stavu přizpůsobují nitě druhé soustavy (kolmého směru). Sekce C je ovlivněna vlastní pevností nití namáhané soustavy a to až k její mezi pevnosti v tahu [17].



Graf 1: Znáznornění tahové křivky

2.4.4 Anizotropie plošných textilií

Anizotropií se rozumí rozdílnost vlastností v různých směrech. Anizotropií se označuje závislost určité veličiny na volbě směru. Jestliže bychom sledovali tahové křivky a ultimativní charakteristiky u anizotropních plošných textilií, zjistili bychom, že se v různých směrech výrazně liší. Opakem anizotropie je izotropie [16].

Základními tři směry v prostoru jsou směry os x , y , z . Anizotropie mnohých vlastností textilie je způsobena tím, že plošná textilie vzniká z textilií délkových a ty z podobných délkových vláken. Je téměř nemožné uspořádat vlákna rovnoměrně do všech směrů a především klasické textilie (tkaniny a pleteniny) mají výrazně nerovnoměrnou orientaci nití a vláken do různých směrů. Nerovnoměrná charakteristika směrového rozložení nižších struktur ovlivňuje řadu vlastností, které se tak stávají směrově závislými. Nápadná je především anizotropie deformace plošných textilií.

Stupeň anizotropie lze určit z následujícího vztahu:

$$S_A = (X_{\max} - X_{\min}) / (X_{\max} + X_{\min}) \quad (15)$$

Kde: S_Astupeň anizotropie vlastnosti plošné textilie

X_{\max} , X_{\min}maximální a minimální hodnota vektorové vlastnosti plošné textilie měřené v závislosti na směru [4].

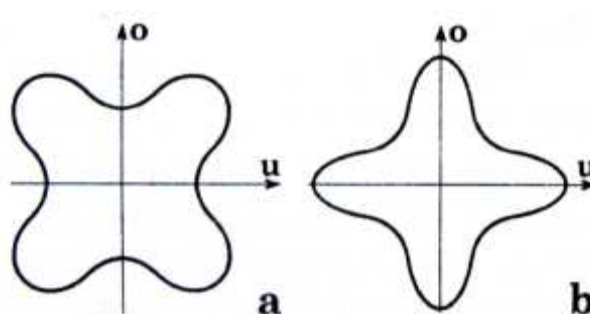
Představu o chování textilie v každém směru dává grafické zobrazení stupně anizotropie pomocí polárního diagramu. Čím je polární diagram v daném směru více

protáhnutý, tím je stupeň anizotropie v tomto směru větší. Izotropní textilie má polární diagram blížící se kruhu.

2.4.5 Směrová pevnost a tažnost tkaniny

Obecně je tažnost definována jako schopnost materiálu měnit svůj tvar vlivem vnějších zatěžujících sil ve směru jejich působení. Tažnost je dána prodloužením (protažením) vzorku zjištěnému při přetržení a vyjádřené v procentech upínací délky. Pevnost má dvě očekávaná maxima v podélném a příčném směru, ale často ještě blízko diagonály [15].

Polární diagram tažnosti, počátečního modulu deformace a pevnosti popisuje anizotropii těchto vlastností, tj. jejich závislost na směru, obr. 10. Např. tažnost dvouosé tkaniny ve směru osnovy, nebo útku bývá podstatně menší oproti tažnosti diagonální, při které dochází ke zkosení tkaniny (je namáhána i smykovým napětím, které změní úhel mezi osnovními a útkovými nitěmi). Polární diagram má v tomto případě přibližně podobu čtyřlístku obr.10 a.



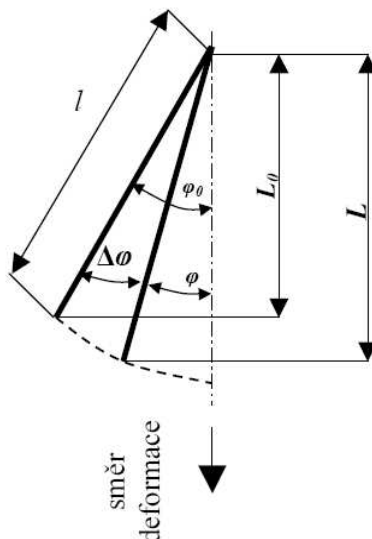
Obrázek 10: Polární. diagram tažnosti a počátečního modulu tkaniny

Naopak modul počáteční deformace (nazývaný modulem pružnosti) bude pro směr osnovy a útku větší, ve srovnání s ostatními směry, obr.10 b [4].

Zkosení úhlu mezi osnovou a útkem

Ke zkosení úhlu dochází při tahovém namáhání v šikmých směrech obr. 11 a v počáteční fázi nemusí být doprovázeno výraznými změnami geometrie průřezů, nebo os. V tom případě je odpor proti deformaci dán převážně působením třecích sil a lze tedy očekávat nízké hodnoty počátečního modulu. Při zkosení dochází ke zmenšování

rozteče nití. Přiblížení os nití je omezeno deformovatelností průřezu a silně závisí na druhu tkalcovské vazby. Vazby s malým množstvím provazujících úseků umožňují větší přiblížení nití a tím i větší zkosení tkaniny.



Obrázek 11: Změna úhlu mezi nití délky l a směrem deformace z hodnoty φ_0 na φ způsobí protažení tkaniny z hodnoty L_0 na L .

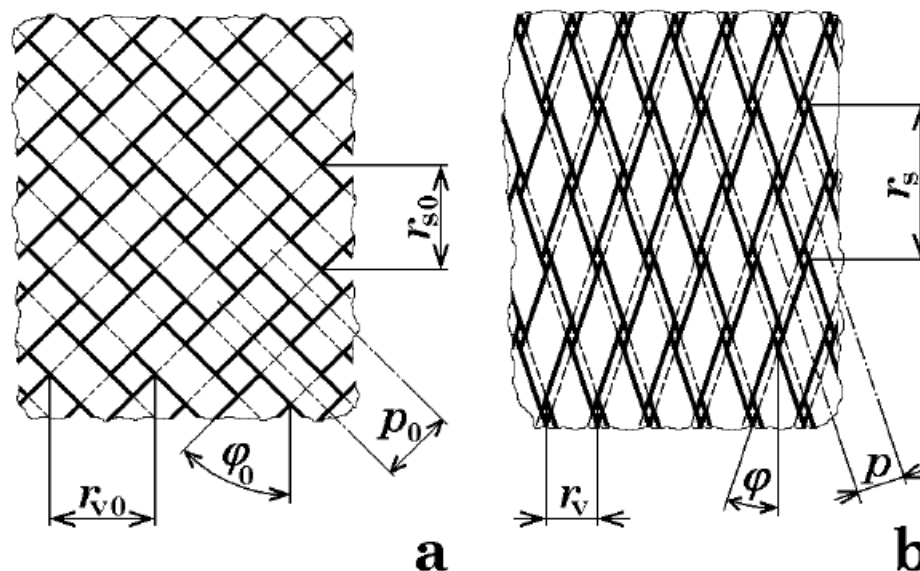
2.5 Analýza změny anizotropie struktury tkaniny v diagonálním směru

Za předpokladu, nekonečně dlouhých čelistí, které se mohou „deformovat“, tj. zkracovat zároveň s příčnou kontrakcí textilie

Volné upnutí tkaniny. Předpokládejme, že čelisti jsou nekonečně dlouhé a se mohou „deformovat“, tj. zkracovat zároveň s příčnou kontrakcí textilie (realizovat to lze např. vícebodovým upnutím textilie). V tomto případě se tkanina může zkosit, což jí umožní při zanedbání průřezu nití a při dostavách osnovy a útku $D_o = D_u$ protáhnout se navíc maximálně až $\sqrt{2}$ krát (nitě budou v okamžiku přetrhu svislé, šířka vzorku nulová, navíc je možná deformace tkaniny napřímením a protažením nití). Reálně bude omezujícím faktorem plocha průřezu nitě, závisející na její délkové hmotnosti $T[\text{tex}]$, a další parametry použitých nití.

Úhel sklonu nití v okamžiku přetržení bude tedy záviset na deformovaném průřezu nití. Uplatňují se zde dvě protichůdné tendence – vzájemný tlak sousedních nití (tendence zvětšit tloušťku tkaniny) a provázání napnutých nití (neumožňuje zvětšit

tloušťku). Znázornění úhlu φ_0 před deformací tkaniny, kdy $\varphi_0 = 45^\circ$ je na obr.12. Rozteč vazných bodů ve vodorovném směru je označena r_v a směru svislém r_s . Rozměr před deformací je označen indexem $_0$ [4].



Obrázek 12: Diagonální deformace tkaniny (volné upnutí).

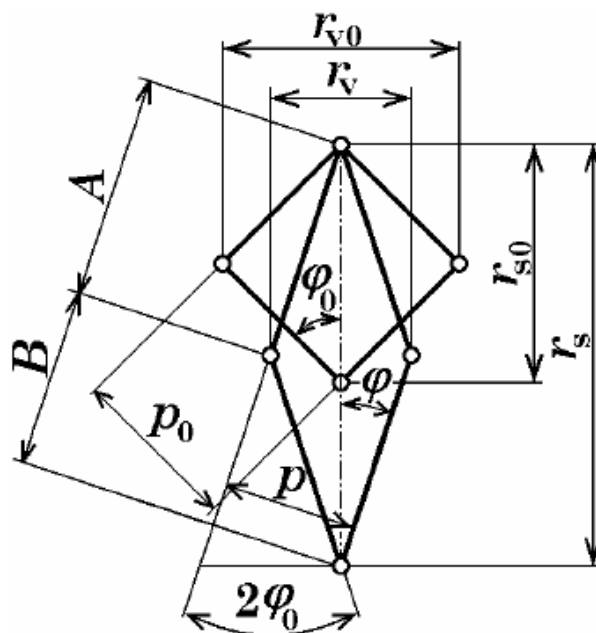
Plocha průřezu nedeformované nitě je $S_0 = \frac{\pi d^2}{4}$. Dále bude předpokládáno v „čtvercovou“ geometrii průřezu nitě po deformaci, tj. se shodným rozměrem průřezu nitě ve směru v rovině tkaniny i ve směru kolmém na tuto rovinu. Dále budeme předpokládat, že známe délkovou hmotnost nití $T[\text{tex}]$, hustotu použitého materiálu a že průměrné zaplnění nití před deformací bude zhruba 0,5 v okamžiku přetrhu se zvětší na 0,8. Rovněž předpokládejme, že u zkosené struktury (obr.12 b) budou nitě ležet těsně vedle sebe, s roztečí $p=d$. Pro čtvercový model deformovaného průřezu nitě bude plocha

$S=p^2$ a rovněž $S = \frac{0,5}{0,8} S_0$ poté $p = \sqrt{S} = \sqrt{\frac{0,5}{0,8} \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \cong 0,7 \cdot d$. Pokud bude známa

možnost relativního prodloužení nitě ve tkanině ε , zahrnující napřímění zvlněné nitě i její osové prodloužení (odhadem $\varepsilon=0,3$), bude $A=(1+\varepsilon)p_0$. Relativní změna rozteče nití

bude popsána koeficientem $k = \frac{p_0}{p} = \frac{p_0}{(0,7 \cdot d)}$. Aby nebyla překročena limitní dostava

tak by mělo platit $k \geq \frac{\sqrt{0,3}}{0,7} \cong 2,47$.



Obrázek 13: Geometrie diagonální deformace tkaniny.

Nezbytnými veličinami k určení svislého protažení a vodorovné kontrakce jsou r_v a r_s . Ty lze stanovit z geometrie obr.13 pomocí známých vstupních veličin p_0 , p a ε .

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{4}$$

$$r_{v0} = r_{s0} = \sqrt{2} p_0$$

$$A = (1 + \varepsilon) \cdot p_0$$

$$r_v = 2A \cdot \sin \varphi = 2(1 + \varepsilon) \cdot p_0 \cdot \sin \varphi$$

$$r_s = 2A \cdot \cos \varphi = 2(1 + \varepsilon) \cdot p_0 \cdot \cos \varphi$$

Z obr.13 vyplývá:

$$p = r_v \cdot \cos \varphi = 2A \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi = A \cdot \sin 2\varphi$$

poté

$$\sin 2\varphi = \frac{p}{A} = \frac{p}{p_0 \cdot (1 + \varepsilon)},$$

odtud

$$\frac{p_0}{p} = k = \frac{1}{\sin 2\varphi} \cdot \frac{1}{1 + \varepsilon}$$

a

$$\varphi = \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{1}{k} \cdot \frac{1}{1 + \varepsilon} \right)$$

Poté lze vypočítat pro relativní prodloužení:

$$\varepsilon_s = \frac{r_s - r_{s0}}{r_{s0}} = \frac{2(1 + \varepsilon) \cdot p_0 \cdot \cos \varphi - \sqrt{2} \cdot p_0}{\sqrt{2} \cdot p_0} = \frac{\sqrt{2} \cdot (1 + \varepsilon) \cdot \cos \varphi - 1}{1} \quad (16)$$

$$\varepsilon_v = \frac{r_v - r_{v0}}{r_{v0}} = \frac{2(1 + \varepsilon) \cdot p_0 \cdot \sin \varphi - \sqrt{2} \cdot p_0}{\sqrt{2} \cdot p_0} = \frac{\sqrt{2} \cdot (1 + \varepsilon) \cdot \sin \varphi - 1}{1} \quad (17)$$

3 Úvaha

Z vazby a z dalších poznatků o struktuře tkaniny a pleteniny, může vyplynout zajímavá charakteristika textilie, jí je směrová charakteristika vedení nitě. Představme si, že osu nitě rozdělíme na jistý počet dostatečně krátkých úseků osy nitě k tomu, aby každý úsek mohl být považován za přibližně přímý. Distribuční funkce směrů těchto úseků bude pravděpodobně korespondovat s některými především deformačními vlastnostmi tkaniny.

Na základě informací z literatury byl navržen způsob popisu anizotropie struktury tkaniny, pro který je východiskem směrová charakteristika osy nití v plošné textilii.

V této části úvahy jsem se zabýval hodnocením geometrie tkaniny plátňové vazby. Je zde popsána metoda vyhodnocení směrové distribuce osy křivky v základním vazebním prvku tkaniny.

Z teoretických poznatků o struktuře tkanin a jejich základních vazebních prvcích (viz teoretická část DP) se v úvaze pokusím zamyslet nad směrovou charakteristikou osy příze v základních zidealizovaných modelech vazné vlny tkaniny.

Směrová charakteristika osy příze v základním vazebním prvku bude zpracována pomocí distribuce směrů osy nitě.

Pro popis geometrických parametrů vazné vlny tkaniny byly použity zjednodušující (idealizované) předpoklady viz teoretická část DP.

Idealizace geometrie vazného bodu tkaniny:

- Příze je kompaktní těleso s kruhovým průřezem, v místě vazných bodů nedochází k deformaci průřezu ani ke zhuštění vláken.
- Model vazné buňky je sledován v hotové tkanině v ustáleném (relaxovaném) stavu.
- Tkanina je vyrovnaná, kde tloušťka tkaniny je dána součtem průměrů přízí.
- Těžiště jednotlivých kolmých průřezů se nachází vždy ve středu příze a je možno definovat neutrální osu příze jako křivku spojující těžiště všech kolmých řezů příze, takto myšlená neutrální osa příze je totožná s průběhem vazné vlny osnovní nebo útkové příze v tkanině.

Pro několik základních modelů vazné vlny tkaniny byly navrženy dva způsoby pozorování směrové charakteristiky osy příze. Konkrétně pro model vazné vlny Pierce obr. 18, čtvercové vyrovnané tkaniny obr. 16, model při maximálním zvlněním útku obr. 17 a sinusový model vazné vlny graf 5.

3.1 Postup při vyhodnocení distribuce směrů osy příze ve vazné vlně tkaniny.

Křivka odpovídající tvaru osy v základním vazebním prvku je zkonstruována v programu Matlab. Křivka je zkonstruována z jí odpovídajících úseku dle daných předpokladů daného modelu:

- Pierce: oblouk- úsečka
- Oblouk: kruhová výseč
- Půlkruh
- Sinus

Jednotlivé úseky (oblouk- úsečka) jsou na sebe navázány patřičně natočené (pod odpovídajícím sklonem), tak aby byla křivka spojitá a odpovídala danému modelu. Pro vykreslení křivky jsou známy souřadnice X a Y na základě kterých je křivka vykreslena. Křivka je vykreslena pomocí 10.000 bodů. Pro každý bod jsou známy vždy tři hodnoty (X, Y a délka křivky od jejího počátku).

Pro každý vyobrazený model osy nitě základního vazebního prvku tkaniny a pleteniny jsou graficky znázorněny dva způsoby vyhodnocení distribuce směru. Distribuce křivky je vyhodnocena pomocí 1000 bodů, ke kterým je spočtena směrnice tečny ke křivce. Hodnota úhlu v daném bodě (1 až 1000) je zaznamenána a zařazena do příslušné kategorie.

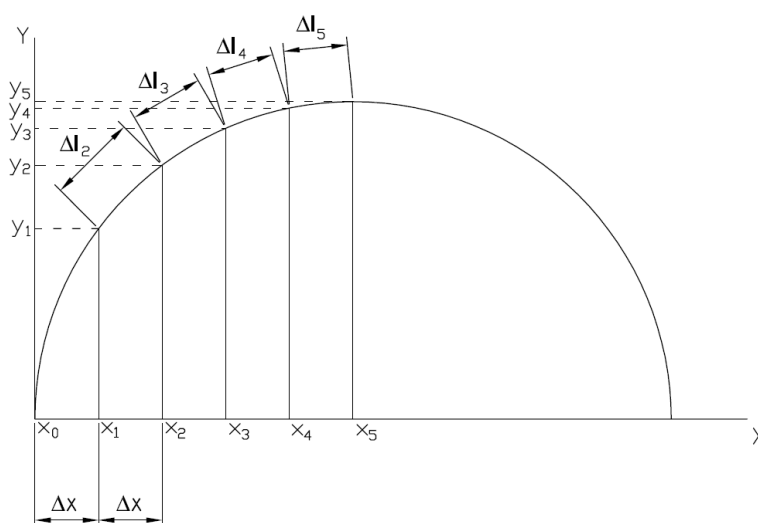
V prvním případě vyhodnocení distribuce křivky je křivka rozdělena v ekvidistantních krocích podle osy X. Tento přístup je znázorněn na obr. 14. Zásadním problémem tohoto přístupu je, že není aplikovatelný pro vyjádření distribuce směrů osy pleteniny, protože jedné hodnotě X může odpovídat více hodnot Y a směrnici tak pro některé body nelze jednoznačně určit.

V druhém případě je křivka rozdělena v ekvidistantních krocích podle délky křivky od jejího počátku znázorněno na obr. 15. Tento přístup je mnohem flexibilnější, neklade prakticky žádná omezení na použitý model a je aplikovatelný i na modely pleteniny.

3.1.1 Způsoby možného vyhodnocení směrová charakteristika vedení nitě (distribuce osy nitě v základním vazebním prvku).

Vyobrazení prvního případu vyhodnocení distribuce směru osy při rozdělení v ekvidistantních krocích po ose X.

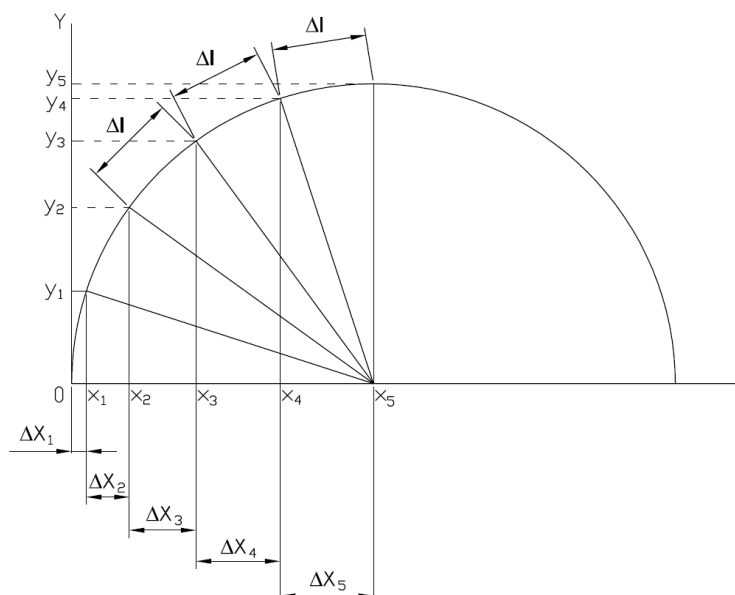
- Kde: $\Delta X = |X_0 - X_1| = |X_1 - X_2| = \dots = |X_{n-1} - X_n|$



Obrázek 14: Znáznornění první možnosti výpočtu distribuce směru osy nitě, kde je křivka rozdělena v ekvidistantních krocích podle osy X.

Vyobrazení druhého případu vyhodnocení distribuce směru osy při rozdělení v ekvidistantních krocích po délce křivky od počátku.

kde: $\Delta l = |l_0 - l_1| = |l_1 - l_2| = \dots = |l_{n-1} - l_n|$



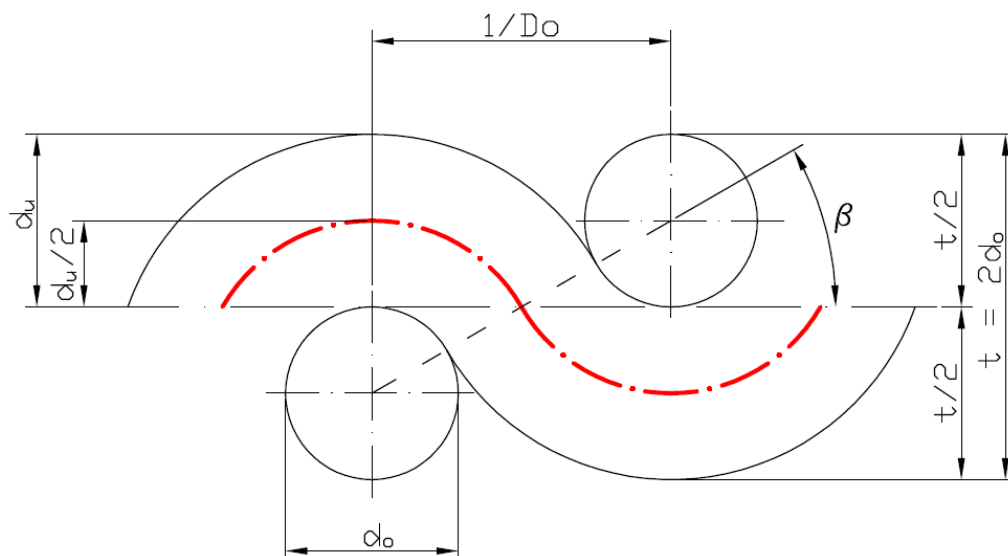
Obrázek 15: Znázornění druhé možnosti výpočtu distribuce směru osy nitě, kde je křivka rozdělena v ekvidistantních krocích podle délky křivky od jejího počátku.

3.2 Vyhodnocení distribuce směru osy příze pro různé modely vazné vlny tkaniny

Vyobrazení čtvercové vyrovnané tkaniny v plátnové vazbě

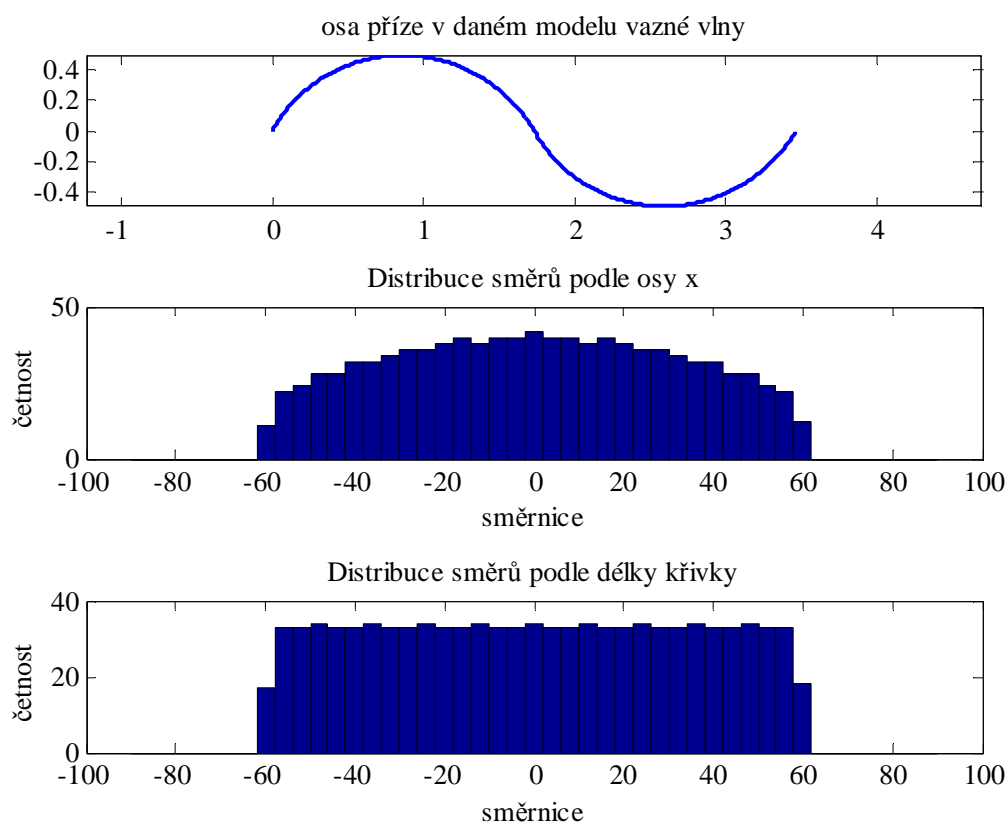
Předpoklady:

- Stejně dostavy: $D_o = D_u$
- Stejně průměry nití: $d_o = d_u$
- Stejně relativní průměry nití: $\delta_o = \delta_u$
- Stejně relativní zvlnění: $\lambda_o = \lambda_u = \frac{1}{2}$
- Zakrytí soustavy: $Z_o = Z_u = D_o \cdot d_o$
- Úhel β : $\text{tg} \beta_o = \text{tg} \beta_u = D_o \cdot d_o = Z_o$
- Mezní dostava: $D_{o,m} = D_{u,m} = \frac{1}{d_o \cdot \sqrt{3}}$
- Mezní zakrytí soustavy: $Z_{o,m} = Z_{u,m} = \frac{\delta_o}{\sqrt{1 - (\delta_o)^2}} = 0,5773$
- Celkové mezní zakrytí tkaniny: $Z_{c,m} = Z_{o,m} + Z_{u,m} - Z_{o,m} \cdot Z_{u,m} = 0,8211$
- Mezní hodnota úhlu β : $\beta_{s,m} = \arctg Z_{s,m} = 30^\circ$



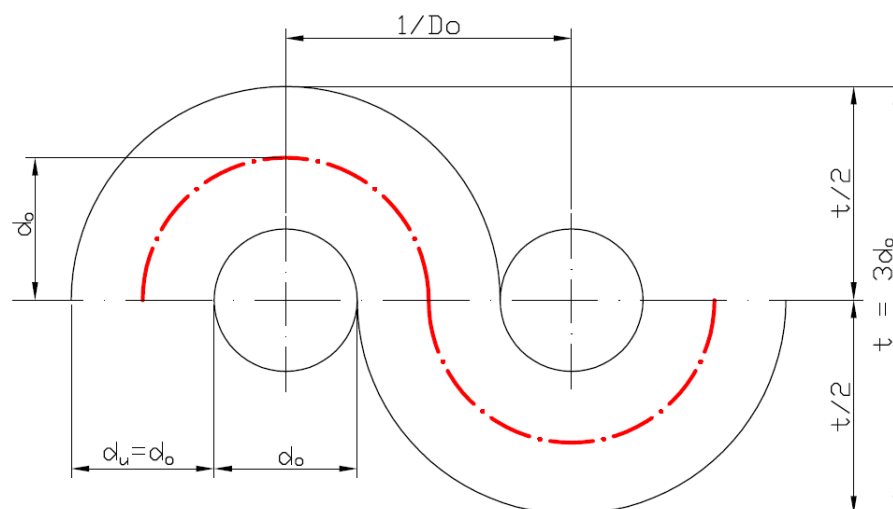
Obrázek 16: Model vazné vlny čtvercové vyrovnané tkaniny.

3.2.1 Vyhodnocení distribuce směru pro vyrovnanou čtvercovou tkaninu v plátnové vazbě



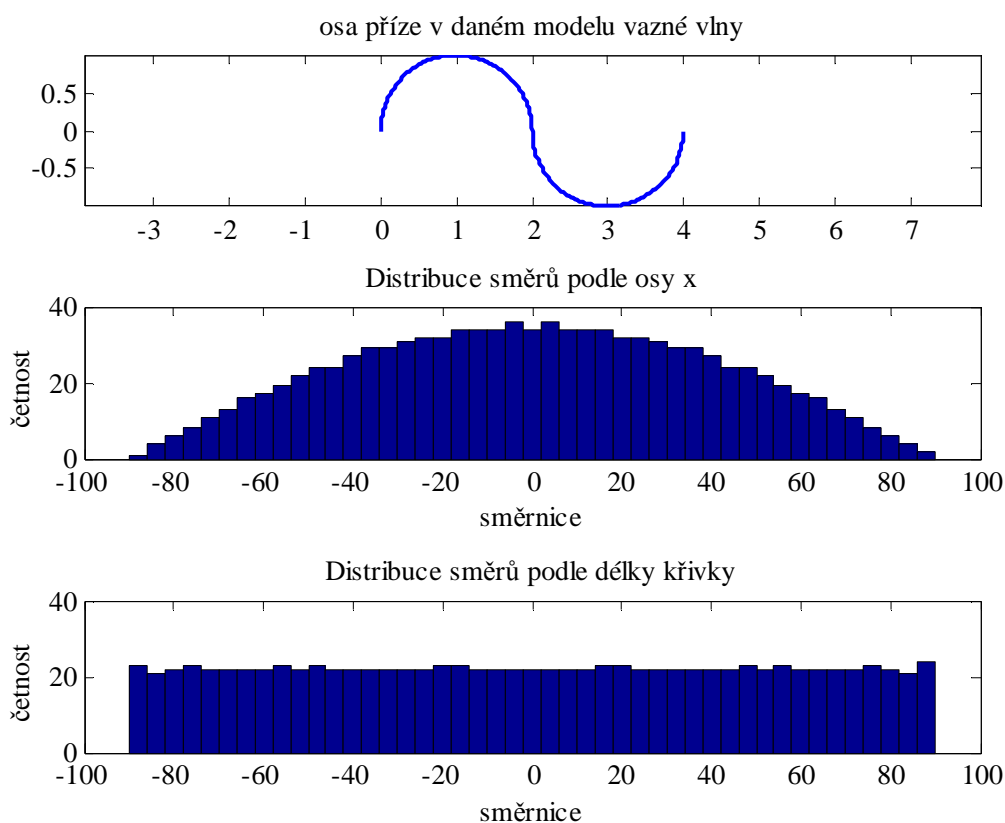
Graf 2: Distribuce osy příze daném modelu

Vyobrazení jednoho z krajních případů tkaniny (maximální zvlnění útku → vyrovnaná osnova)



Obrázek 17: Model vazné vlny s maximálním zvlněním útku.

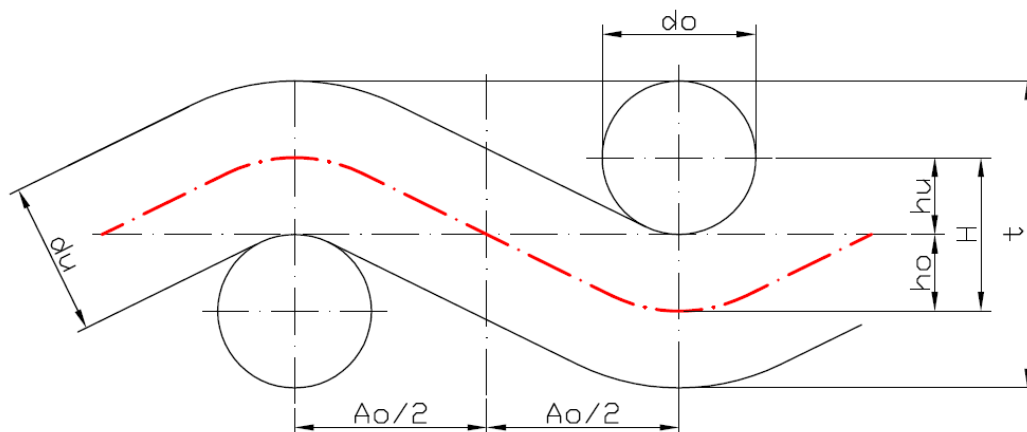
3.2.2 Vyhodnocení distribuce směru pro mezní případ, maximálního zvlnění útku.



Graf 3: Distribuce osy příže daném modelu

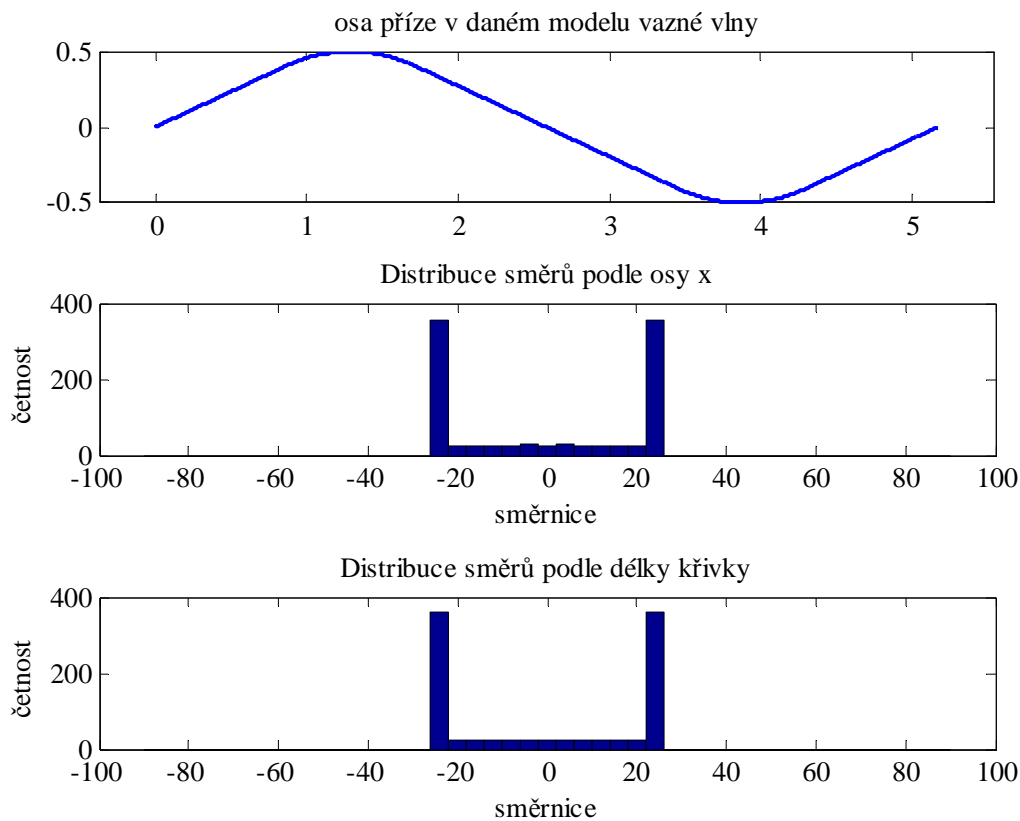
Piercův model vazné vlny tkaniny:

Piercův model předpokládá, že průřez nitě je kruhový a tvar osy nitě ve vazném prvku je složen z kruhového oblouku a úsečky (pro osnovu i útek).



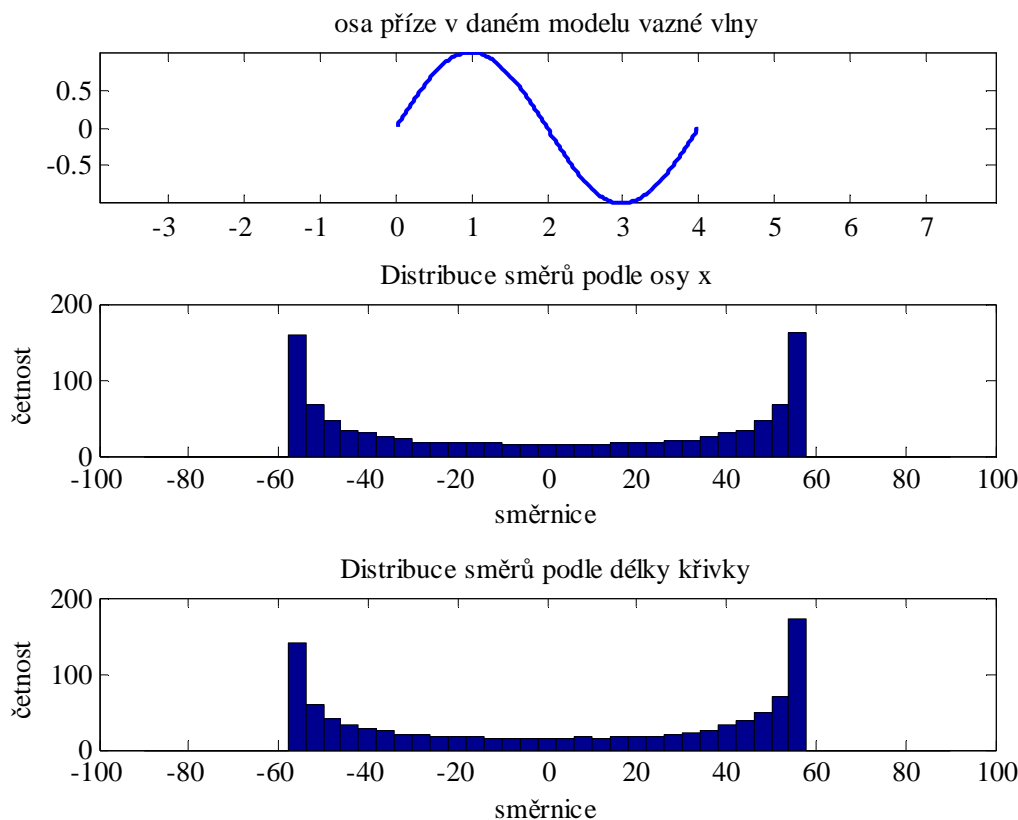
Obrázek 18: Piercův model vazné vlny.

3.2.3 Vyhodnocení distribuce směru osy nitě pro Piercův model vazné vlny tkaniny.



Graf 4: Distribuce osy příže daném modelu

3.2.4 Vyhodnocení distribuce směru pro sinusovou křivku osy vazné vlny.



Graf 5: Distribuce osy příše daném modelu

3.3 Vyhodnocení (shrnutí úvahy)

Jak je vidět na v grafech 2 až 5 vyhodnocení distribuce směrů oběma použitými přístupy se výrazně liší, to je způsobené rozdílnými metodikami v prvním a druhém případě vyhodnocení distribuce směru.

První případ, kdy je křivka rozdělena v ekvidistantních krocích podle osy X, není pro vyhodnocení distribuce směru (směrové závislosti) nejlepším řešením. Dochází zde totiž k tomu, že v počátku křivky, kdy má křivka například strmější stoupání v počátku je neúměrně malé množství bodů v tomto počátku připadající na dlouhý úsek délky křivky, oproti místu kde je křivka s malým stoupáním. Z tohoto důvodu slouží graf distribuce směru pro první případ rozdělení křivky v ekvidistantních krocích po ose X spíše pro představu a porovnání s optimální představou distribuce směru viz druhý graf pro jednotlivé modely, kde je použita druhá metoda vyhodnocení distribuce směru pomocí rozdělené křivky v ekvidistantních krocích podle délky křivky od počátku.

Pro vyhodnocení distribuce směru osy příze lépe vyhovuje druhá varianta, kdy je křivka rozdělena v ekvidistantních krocích podle délky křivky od jejího počátku.

3.4 Analýza vlivu anizotropie

Analýza vlivu anizotropie pro navržený způsob vyhodnocení distribuce směru osy příze ve vazné vlně tkaniny na mechanické vlastnosti.

V této části je vypracována analýza vlivu anizotropie charakterizované způsobem navrženým částí týkající se úvahy, na mechanické vlastnosti plošných textilií.

V následujících sedmi grafech (graf 6 až 12) je znázorněna simulace napínání útkových nití při jejich namáhání v tahu a vyhodnocení jejich distribuci směru osy příze. Simulace je prováděna se zanedbáním prodloužení samotných nití, což znamená s neměnnou (konstantní) délkou osy nitě ve vazebním prvku. U všech případů, jde spíše o pozorování změn distribuce směru osy vlivem provázání ve tkanině.

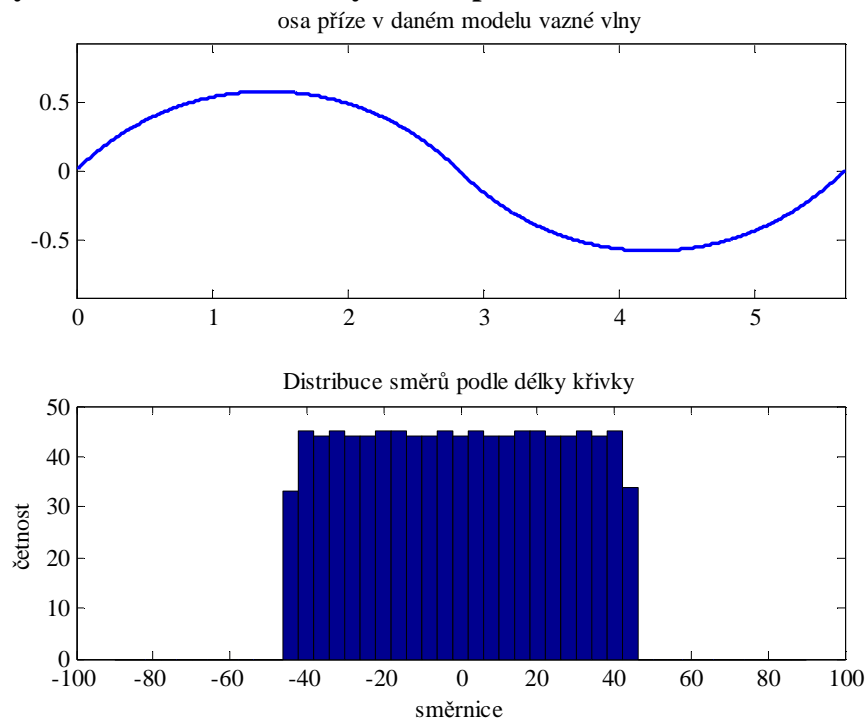
Výchozím stavem pro simulaci je vyrovnaná čtvercová tkanina plátňové vazby, o stejných přízích v osnově i útku a o stejných dostavách pro osnovu a útek. Modelová situace namáhání také vychází z předpokladu, že nebude docházet k deformaci průřezů osnovních a útkových nití a ty tak budou během namáhání zachovávat svůj kruhový průřez.

Lze také sledovat změnu rozteče osnovních nití A_0 . Vlivem namáhání ve směru útku dochází k jeho vyrovnání a postupnému růstu zvlnění osnovních nití.

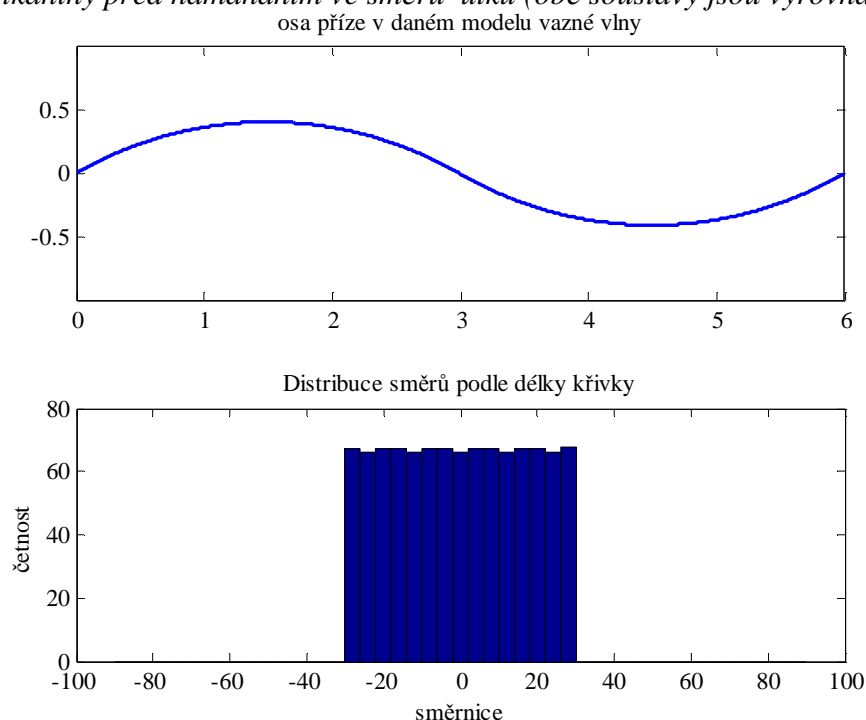
Distribuce směru osy útkové příze při postupném namáhání po útku v čtvercové vyrovnané tkanině, je znázorněna v grafech 6,7,8.

Změny ke kterým dochází u osnovních nití vlivem namáhání ve směru útku jsou znázorněny v grafech 9,10,11,12. Vlivem namáhání útkových nití ve směru útku dochází k postupnému vyrovnávání útkových nití až do jejich úplného napřímení a růstu zvlnění osnovních nití, až do jejich maximálního zvlnění.

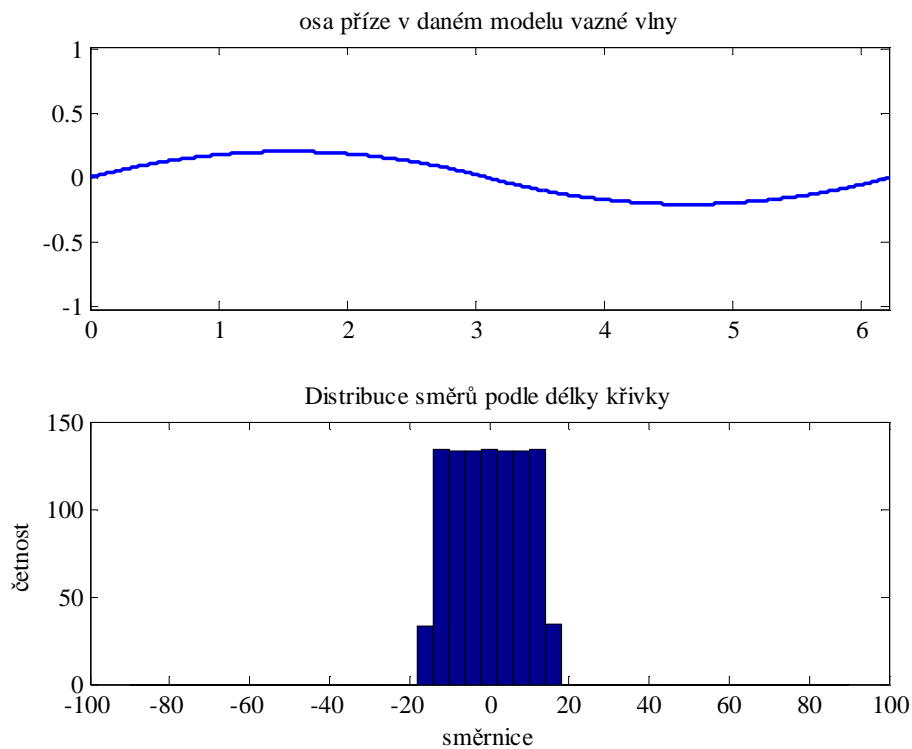
3.4.1 Vyhodnocení distribuce osy útku v průběhu namáhání ve směru útku.



Graf 6: Graf distribuce směru vyobrazeného modelu výchozího stavu modelu tkaniny před namáháním ve směru útku (obě soustavy jsou vyrovnané).

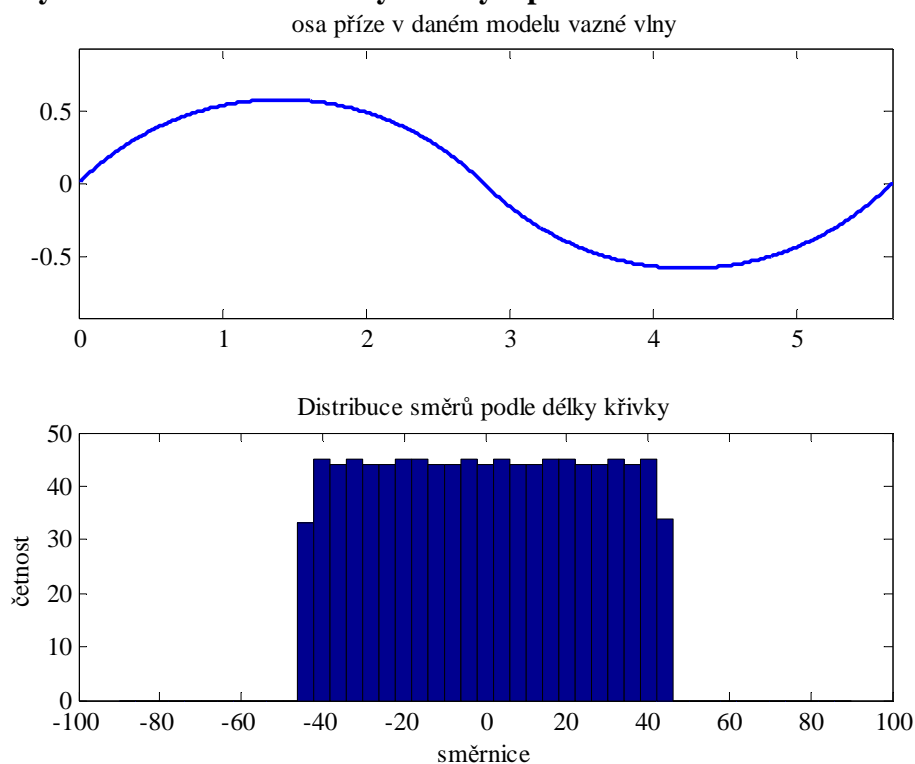


Graf 7: Graf distribuce směru vyobrazeného modelu útkové nitě pro stav namáhání tkaniny ve směru útku (napřimování útku).

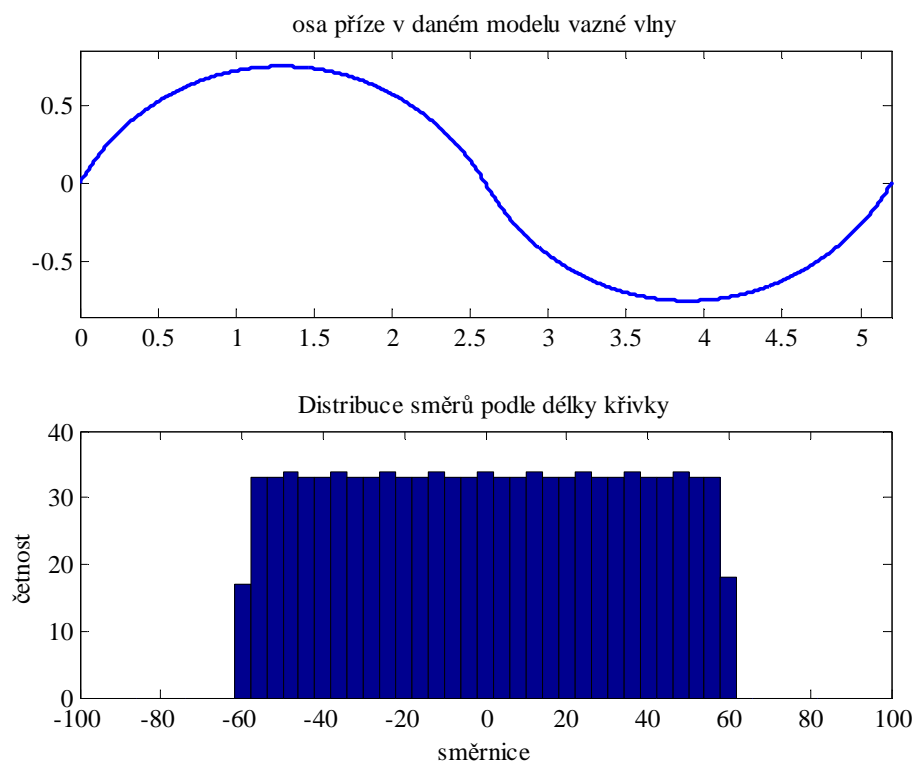


Graf 8: Graf distribuce směru vyobrazeného modelu útkové nitě pro stav namáhání tkaniny ve směru útku (napřimování útku).

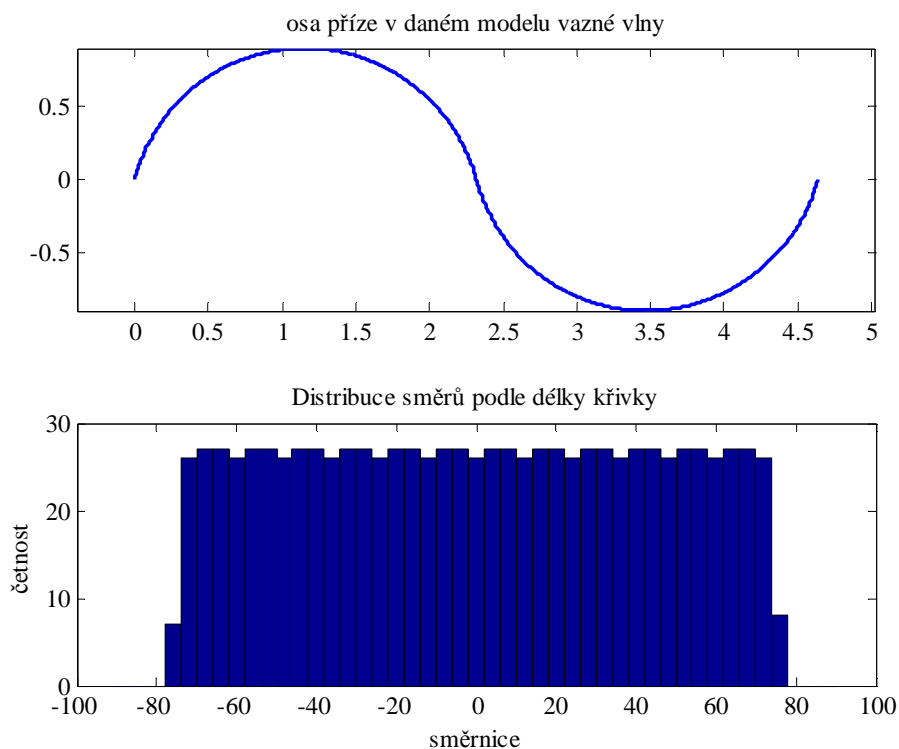
3.4.2 Vyhodnocení distribuce osy osnovy v průběhu namáhání ve směru útku.



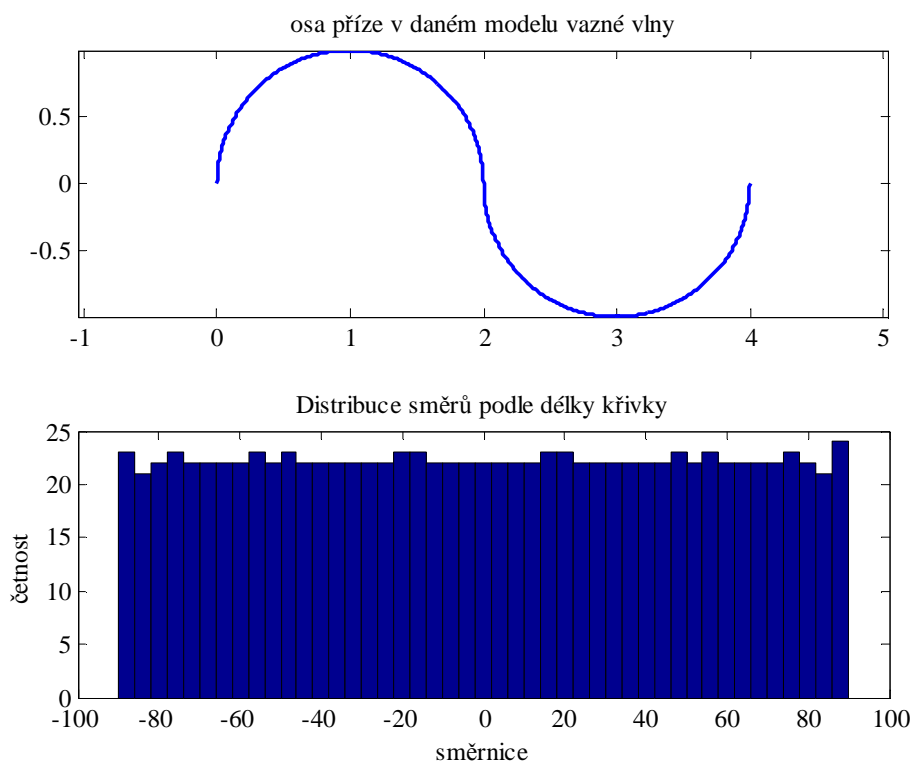
Graf 9: Graf distribuce směru vyobrazeného modelu osnovní nitě pro výchozí stav modelu osnovy tkaniny před namáháním po útku (obě soustavy jsou vyrovnané).



Graf 10: Graf distribuce směru vyobrazeného modelu osnovní nitě pro stav namáhání tkaniny ve směru útku (růst zvlnění osnovní nitě).



Graf 11: Graf distribuce směru vyobrazeného modelu osnovní nitě pro stav namáhání tkaniny ve směru útku (růst zvlnění osnovní nitě).



Graf 12: Graf distribuce směru vyobrazeného modelu osnovní nitě pro stav namáhání tkaniny ve směru útku (maximální vyrovnnání útku vlivem namáhání a maximální zvlnění osnovy).

Namáhání osy útku simulujeme změnou počátku oblouku po 15-ti stupních, pro který je vypočteno prodloužení ve směru namáhání se zanedbáním tažnosti samotné příze.

Závěr:

Jak je vidět v grafech vlivem vyrovnnávání (postupného napřímění) útku dochází k postupnému zvlnění osnovní nitě až do jejího maximálního zvlnění vlivem maximálního napřímění útku.

Tuto metodu, by bylo vhodné v budoucnu ověřit experimentálně na vzorcích řezů tkanin k čemuž by mohl sloužit vypracovaný skript.

U vyhodnocení distribuce směru osy nitě pomocí navržené metody v programu Matlab dochází k určité malé chybě. Křivka, která je vykreslena jako osa nitě, ve vazné vlně, je vykreslena pomocí 10.000 bodů a distribuce směru je vyhodnocena pomocí 1000 úseků ke kterým je vypočten směr (úhel). Chyba je numerická (způsobené

zaokrouhlením), což se projevuje jako malá schodovitost v grafech pro vyhodnocení distribuce směru osy.

Poznámka: Diplomové práce se zabývá především tkaninami, proto je vyhodnocení distribuce směru osy oka v pletenině uvedeno v příloze 1.

4 Experiment

Experiment byl zaměřen na zjišťování deformačních vlastností tkanin s plátňovou vazbou, kde byly sledovány hodnoty pevnosti a tažnosti při přetrhu (destrukci) vzorků.

Experiment má dvě části, první je zaměřena na sledování vlivu změny jednoho z vstupních parametrů struktury tkaniny, konkrétně na změnu dostavy útku D_u a její následný vliv na změnu struktury a anizotropie pevnosti a tažnosti při protažení tkaniny v diagonálním směru. Pro porovnání je sledován i vliv dostavy útku tkaniny na pevnost a tažnost ve směru osnovy 0° a útku 90° .

Druhá část experimentu je zaměřena na pozorování anizotropie pevnosti a tažnosti tkaniny. Pro popis anizotropie zapotřebí zkoumat vlastnosti plošné textilie ve všech směrech a nejen ve směru osnovy a útku. Měření byla provedena celkem v sedmi směrech (pro směr namáhání 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90°). U jednotlivých směrů namáhání byly zaznamenány hodnoty pevnosti a tažnosti. Z dat neměřené pevnosti a tažnosti jsou vypracovány polární diagramy pro lepší znázornění anizotropie pevnosti a tažnosti zkoumané tkaniny.

Pevnost a tažnost plošných textilií patří mezi základní charakteristiky. Tahově deformační vlastnosti tkanin jsou podmíněny tahově deformačními vlastnostmi použitých nití a také specifickou strukturou. U tkanin dochází v počátcích tahové deformace nejprve k vyrovnání navlnění nití, dále se pak uplatňuje tahová deformace nití. Pevností rozumíme maximální dosaženou sílu. Tažnost definujeme jako deformaci textilie v okamžiku její destrukce.

Podstatou zkoušení tažnosti a pevnosti jednotlivých vzorků je plynulé zatěžování textilie až do jejího přerušení, tj. do zjištění maximální tahové síly a jí odpovídajícího prodloužení.

Deformace je změna tvaru tělesa způsobenou silovými účinky. Deformaci textilie lze chápat jako prodloužení při namáhání vzorku napínáním. Absolutní deformace se vyjadřuje v absolutních jednotkách Δl [mm]

$$\begin{aligned}\Delta l[\text{mm}] &= l - l_0 \\ \Delta l[\%] &= \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100\end{aligned}\tag{18}$$

Kde: l ...je konečná délka po natažení [mm]
 l_0 ...je počáteční (původní) délka vzorku [mm], zvaná upínací délka.

4.1 Popis univerzálního přístroje Instron 4411

K měření pevnosti a tažnosti byl použit dynamometr INSTRON 4411 na obr. 19, který umožňuje univerzální zkoušení textilie. Přístroj je určen k zjišťování mechanických vlastností délkových a plošných textilií. Lze realizovat jednoosé namáhání tlakem, tahem a ohybem. Přístroj se skládá ze dvou hlavních částí, řídicí skříně (1) a zařízení pro zatěžování vzorků (2). Zatěžovací zařízení je tvořeno příčnickem (3), na kterém je nasazena snímací hlava (4) s horní upínací čelistí (5). Snímací hlava je v podstatě čidlem síly a délkových změn a je propojena s řídicí skříní. Kromě horní upínací čelisti je zde i dolní upínací čelist (6). Čelist musí být zvolena podle parametrů vzorku a požadované zkoušky. Zapsání a vyhodnocení deformačních vlastností provádí počítač připojený k přístroji.



Obrázek 19: Univerzální zkušební přístroj Instron 4411.

4.2 První část experimentu

První část experimentu je zaměřena na vliv změny dostavy útku v tkanině. Vliv dostavy útku na pevnost a tažnost tkaniny je sledován pomocí trhací zkoušky a vyhodnocení výsledků trhací zkoušky pro směr namáhání po osnově, diagonále a útku.

4.2.1 Příze v tkanině a její rozbor

Příze z níž je zhotovena tkanina je stejná v osnově i útku.

materiálové složení	POP-ba 35/65
jemnost příze [tex]	29,73
zákrut [m^{-1}]	637
pevnost [N]	1,89
tažnost [%]	7,4

Tabulka 1: Rozbor příze

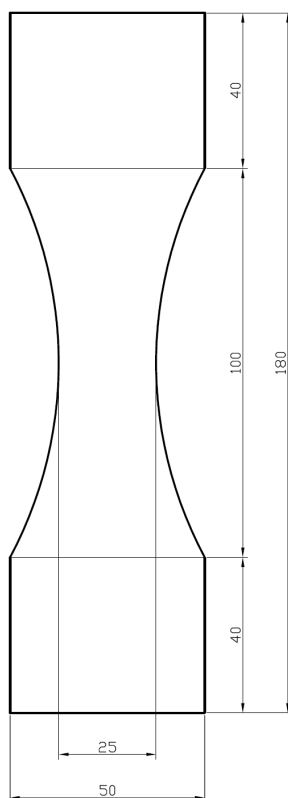
4.2.2 Tkaniny pro experiment rozdělené dle dostav

Tkanina	Vazba	Dostava osnovy [m^{-1}]	Dostava útku [m^{-1}]
1	Plátno	2320	2300
2	Plátno	2320	1900
3	Plátno	2320	1340
4	Plátno	2320	920

Tabulka 2: Rozbor tkanin

4.2.3 Popis vzorku

Pro experimentální měření pevnosti a tažnosti jednotlivých vzorků tkanin byl použit nenormovaný vzorek se zúžením uprostřed obr. 20. Upínací délka vzorku je 100 mm a na každé straně je přidáno 40mm pro upnutí vorku do čelistí trhačího stroje. Šířka vzorku je 50mm a v zúženém místě 25mm. Tento vzorek je použit pro snížení počtu případných přetrhů v čelistech.



Obrázek 20: Vzorek se zúžením uprostřed

4.2.4 Postup měření

Experimentálně byly měřeny vzorky z čtyř tkanin plátňové vazby. Dále byly připraveny vzorky o rozměrech znázorněných na obr. 20, stříhané ve směru osy 0 °, útku 90 ° a v diagonálním směru pod úhlem 45 °. Pro každý směr a tkaninu různé dostavy útku D_u bylo vystřiženo 15 vzorků. Vzorek, který byl před provedením měření klimatizován se upevní do čelistí zkušebního přístroje s přednastavenou upínací délkou a nulovým předpětím. Průběh tahové zkoušky je zaznamenáván počítačem.

Parametry nastavení pro trhací zkoušku

Pro trhací zkoušky nebylo použito předpětí, pro lepší porovnatelnost naměřených hodnot pro různé směry namáhání.

Rychlost [mm/min.]	60
Upínací délka zkušební vzorku tkaniny je [mm]	100
Mez zátěže [N]	50

Tabulka 3: Nastavení dynamometru

Potřebné údaje pro zpracování výsledků získáme z tahových zkoušek a záznamů tahové zkoušky (pracovního diagramu).

Při zpracování naměřených dat byly použity tyto vzorce:

Aritmetický průměr

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (19)$$

Rozptyl

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (20)$$

Směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{s^2} \quad (21)$$

Variační koeficient

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (22)$$

4.2.5 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení tkanin dle dostavy v útku a směrů namáhání (po osnově, diagonále a útku). V tab.4 je vyhodnocení směrodatných odchylek a variačních koeficientů pro tažnost a v tab.5 pro pevnost tkanin.

Hodnoty směrodatných odchylek a variačních koeficientů pro tažnost tkanin				
Směr namáhání	D_u [m ⁻¹]	Tažnost [%]	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]
Osnova (0°)	920	13,9	0,66	4,72
	1340	17,4	0,53	3,02
	1900	18,6	0,85	4,56
	2300	19,9	0,67	3,36
Diagonála (45°)	920	35,9	2,52	7,01
	1340	47,1	2,10	4,46
	1900	49,3	1,95	3,96
	2300	50,3	3,29	6,54
Útek (90°)	920	14,9	0,67	4,50
	1340	15,9	0,65	4,06
	1900	17,4	0,43	2,46
	2300	20,5	0,41	2,02

Tabulka 4: Směrodatné odchylky a var. koeficient pro tažnost tkanin

Hodnoty směrodatných odchylek a variačních koeficientů pro pevnost tkanin				
Směr namáhání	D_u [m ⁻¹]	Pevnost [N]	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]
Osnova (0°)	920	329,3	11,1	3,39
	1340	300,5	14,5	4,84
	1900	312,4	13,1	4,19
	2300	310,6	14,4	4,64
Diagonála (45°)	920	76,4	5,5	7,19
	1340	195,1	10,4	5,35
	1900	260,6	19,6	7,53
	2300	328,8	21,6	6,56
Útek (90°)	920	122,4	4,04	3,30
	1340	205,8	11,9	5,79
	1900	269,9	11,6	4,31
	2300	305,1	17,1	5,62

Tabulka 5: Směrodatné odchylky a var. koeficient pro pevnost tkanin

4.2.6 Pevnosti a tažnosti tkanin

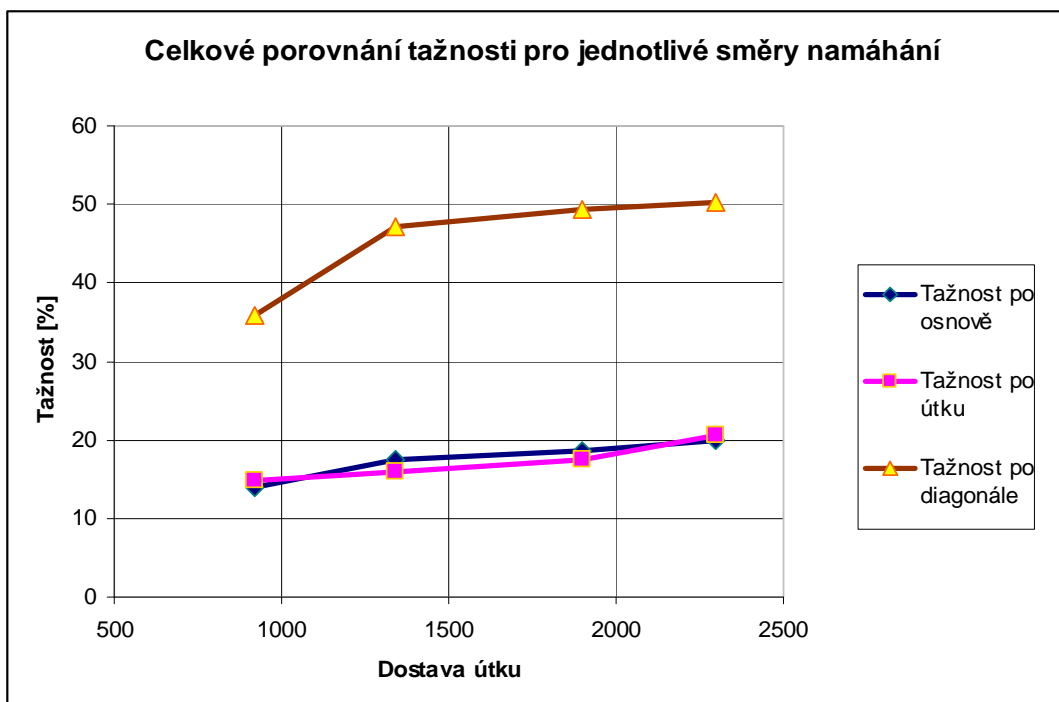
Pevnost a tažnost pro směr osnovy, útku a diagonály

Tabulka maximálních průměrných hodnot prodloužení a síly do porušení materiálu, pro porovnání pevnosti a tažnosti jednotlivých vzorků tkanin s různou dostavou v útku.

	Průměrné hodnoty ve směru osnovy pro plátňovou vazbu		Průměrné hodnoty ve směru útku pro plátňovou vazbu		Průměrné hodnoty v diagonálním směru pro plátňovou vazbu	
D_u [m ⁻¹]	Tažnost [%]	Pevnost [N]	Tažnost [%]	Pevnost [N]	Tažnost [%]	Pevnost [N]
2300	19,9	310,6	20,5	305,1	50,3	328,8
1900	18,6	312,4	17,4	269,9	49,3	260,6
1340	17,4	300,5	15,9	205,8	47,1	195,0
920	13,9	329,3	14,9	122,4	35,9	76,4

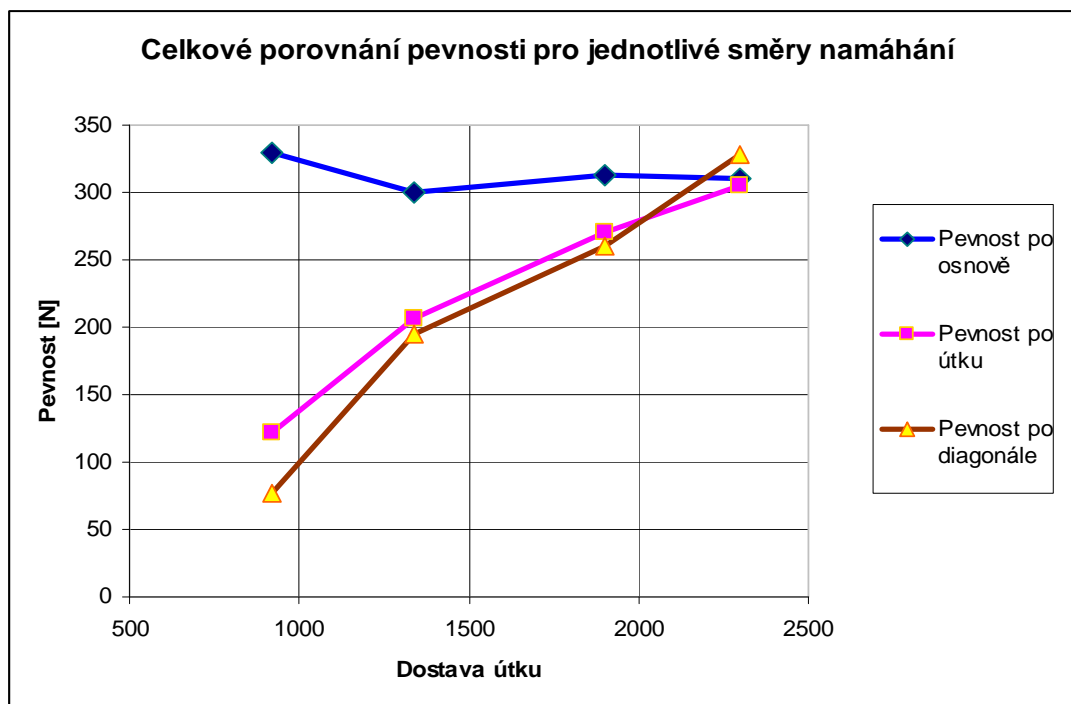
Tabulka 6: Průměrné hodnoty pevnosti a tažnosti ve směru osnovy, diagonály a útku.

Celkové porovnání tažnosti (graf 13) a pevnosti (graf 14) pro směr namáhání (po osnově 0°, diagonále 45° a útku 90°).



Graf 13: Tažnost pro směr osnovy, diagonály a útku.

V diagonálním směru je tažnost podstatně větší, než pro směr osnovy a útku. U diagonálního směru dochází nejprve k vyrovnání nití do roviny namáhání, a proto je zaznamenán velký přírůstek tažnosti oproti jiným směrům namáhání. Největší tažnost je naměřena pro tkaninu s největší dostavou útku, to je způsobeno největším setkáním ve tkanině.



Graf 14: Naměřená pevnost pro směr osnovy, diagonály a útku.

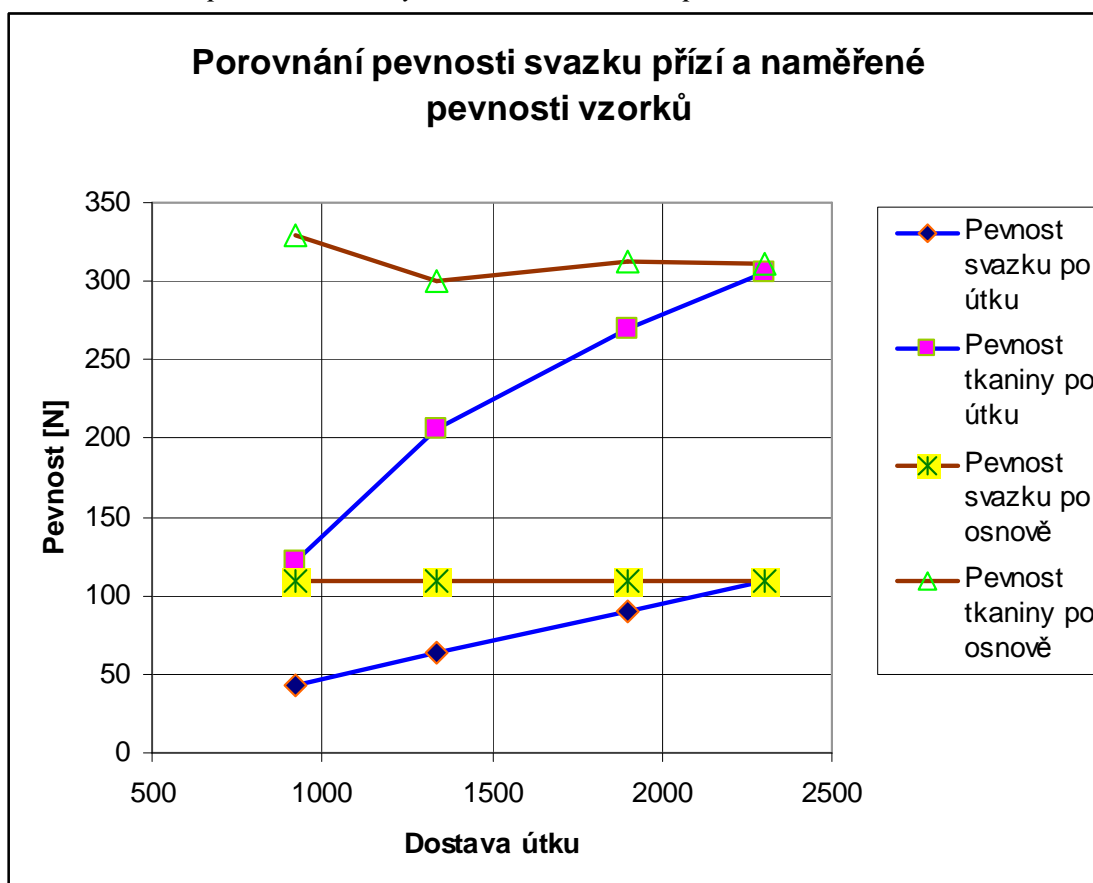
Největší pevnost je naměřena pro tkaninu s největší dostavou útku pro všechny tři směry, to je způsobeno největším množstvím nití v místě přetrhu u tkanin s vyšší dostavou (čím je větší dostava tkaniny, tím větší je naměřená pevnost). Ve směru osnovy je pevnost přibližně stejná pro všechny tkanin s různou dostavou útku. U směru osnovy, kdy je postupně zatěžována pouze osnova se příliš neprojevil vliv provázání s útkovou soustavou a pevnost byla ovlivněna spíše stejnou dostavou osnovy ve všech tkaninách.

Porovnání pevnosti, tkaniny namáhané po útku a po osnově s pevností svazku přízí přepočítaného na šířku vzorku dle dostavy osnovy a útku pro jednotlivé tkaniny.

Vypočítané hodnoty pevnosti svazku přízí (tab.7) jsou porovnávány s hodnotami naměřené pevnosti jednotlivých tkanin, dle dostav útku pro směr namáhání po osnově a útku (graf 15).

$D_u [m^{-1}]$	Pevnost svazku po útku [N]	Pevnost tkaniny po útku [N]	Pevnost svazku po osnově [N]	Pevnost tkaniny po osnově [N]
920	43,47	122,4	109,62	329,3
1340	63,32	205,8	109,62	300,5
1900	89,78	269,9	109,62	312,4
2300	108,68	305,1	109,62	310,6

Tabulka 7: Přepočtené pevnosti svazku přízí dle dostavy v útku a naměřené hodnoty pevnosti tkaniny ve směru namáhání po osnově a útku.



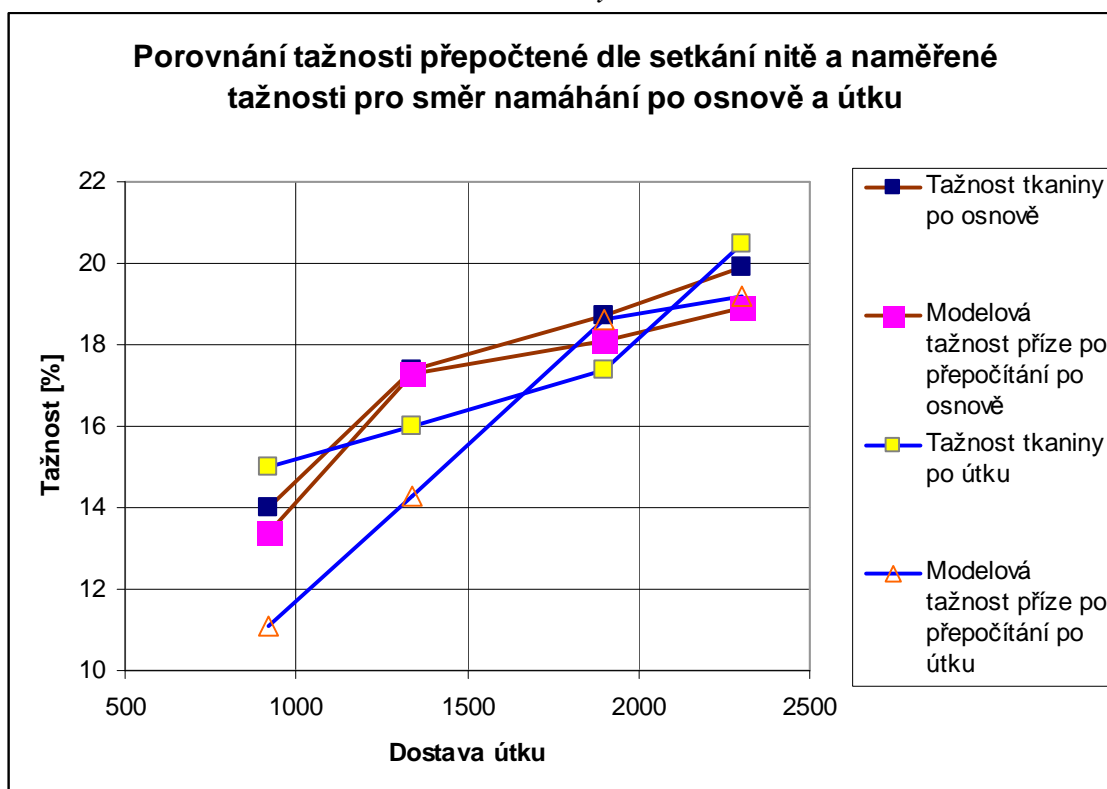
Graf 15: Porovnání pevnosti svazku a tkaniny namáhané ve směru osnovy (0°) a útku (90°).

Porovnání tažnosti tkaniny namáhané po osnově a útku, s tažností příze přepočítané dle setkání v tkanině o určité dostavě útku.

Vypočítané hodnoty tažnosti tkanin přepočítané dle setkání ve tkaninách (tab. 8) jsou porovnávány s naměřenými tažnostmi tkanin dle dostav útku pro směr namáhání po osnově a útku (graf 16).

Porovnání modelové tažnosti (přepočtené dle setkání nitě) a naměřené tažnosti pro směr namáhání po osnově a útku				
Dostava útku [m^{-1}]	Tažnost tkaniny po osnově [%]	Modelová tažnost příze po přepočítání po osnově [%]	Tažnost tkaniny po útku [%]	Modelová tažnost příze po přepočítání po útku [%]
920	14	13,4	15	11,1
1340	17,4	17,3	16	14,3
1900	18,7	18,1	17,4	18,6
2300	19,9	18,9	20,5	19,2

Tabulka 8: Tažnosti přízí ve tkanině a celé tkaniny ve směru namáhání po osnově a útku dle setkání vlivem různých dostav v útku.



Graf 16: Modelové porovnání tažnosti ve směru namáhání po osnově (0°) a útku (90°).

4.3 Druhá část experimentu

Druhá část experimentu je zaměřena na vliv anizotropie tkaniny při namáhání tahem. Pro experiment byly použity vzorky tkaniny v plátnové vazbě. Měření byla provedena celkem v sedmi směrech (pro směr namáhání 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°). Pro každý směr bylo vystřiženo 6 vzorků (0 ° až 90 °). U jednotlivých směrů namáhání byly zaznamenány maximální hodnoty pevnosti a prodloužení (tažnosti).

Výsledné zpracování experimentu pro popis anizotropie, bylo provedeno pomocí polárních diagramů, díky kterým je zřetelná a porovnatelná anizotropie (směrová závislost) pevnosti a tažnosti tkaniny.

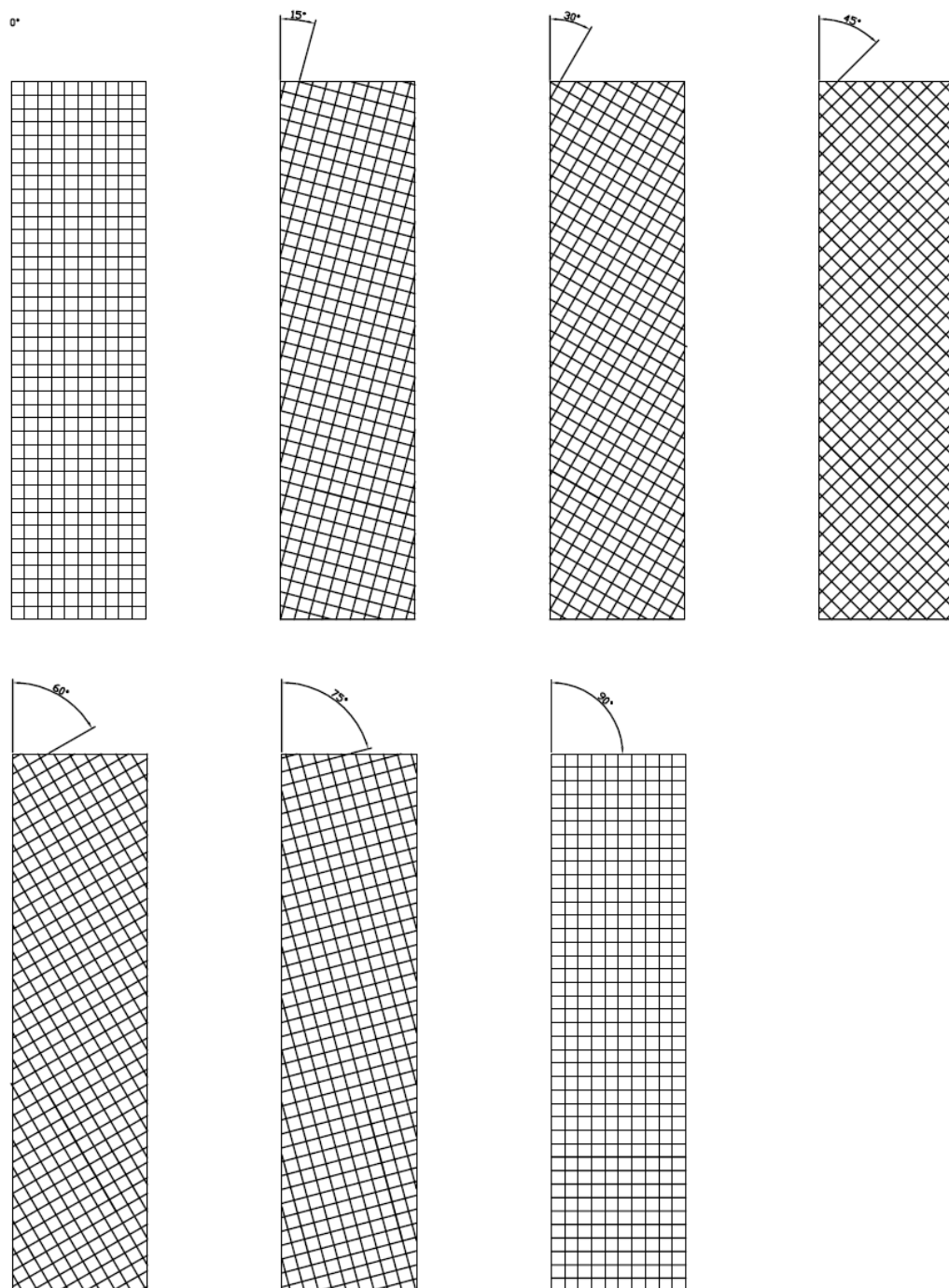
4.3.1 Rozbor příze

- Příze (stejná v osnově i útku)- jednoduchá příze, předený PES
- Materiálové složení: PES
- Jemnost příze v osnově a útku: $t = 40$ [tex]

4.3.2 Popis vzorku tkaniny

- Plátnová vazba
- Dostava osnovy: $D_o = 21,2$ [nití/cm⁻¹]
- Dostava útku: $D_u = 21,2$ [nití/cm⁻¹]

4.3.3 Znázornění přípravy měřených vzorků tkaniny



Obrázek 21: Příprava vzorků

4.3.4 Tabulky naměřených hodnot pro jednotlivé úhly namáhání

Úhel namáhání 0 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	1173,8	48,8	19,64
2	1277,2	50,3	22,11
3	1233,6	49,3	21,89
4	1369,1	53	25,93
5	1355	50,3	24,12
6	1294	51,8	23,41
Průměr	1283,78	50,55	22,85
Sm.Odch.	73,65	1,55	2,15
CV [%]	5,74	3,07	9,42

Tabulka 9: Naměřená data pro směr namáhání 0°.

Úhel namáhání 15 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	548,72	60,3	11,11
2	576,64	62,3	12,37
3	489,93	58,1	9,78
4	427,11	55,8	7,35
5	505,77	60,3	9,83
6	473,15	58,1	8,74
Průměr	503,55	59,16	9,86
Sm.Odch.	53,55	2,27	1,76
CV [%]	10,64	3,84	17,81

Tabulka 10: Naměřená data pro směr namáhání 15°.

Úhel namáhání 30 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	526,44	81,3	12,55
2	541,2	79,5	12,66
3	530,2	81,8	12,69
4	505,77	88,3	12,74
5	439,59	80,8	9,74
6	552,75	90,4	14,31
Průměr	515,99	83,67	12,45
Sm.Odch.	40,59	4,52	1,48
CV [%]	7,87	5,4	11,91

Tabulka 11: Naměřená data pro směr namáhání 30°.

Úhel namáhání 45 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	593,82	89	15,16
2	569,39	86,1	13,92
3	632,21	87,3	16,33
4	550,06	100,2	15,7
5	553,02	98,1	15,02
6	591,67	101,3	16,62
Průměr	581,7	93,65	15,46
Sm.Odch.	30,9	6,93	0,98
CV [%]	5,31	7,4	6,35

Tabulka 12: Naměřená data pro směr namáhání 45°.

Úhel namáhání 60 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	472,48	79,6	10,45
2	460,93	76,3	9,58
3	451,27	80,3	10,32
4	443,22	88,1	10,23
5	453,28	90,1	10,36
6	440,93	88,8	9,93
Průměr	453,69	83,85	10,15
Sm.Odch.	11,7	5,81	0,33
CV [%]	2,58	6,93	3,25

Tabulka 13: Naměřená data pro směr namáhání 60°.

Úhel namáhání 75 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	386,04	41,1	5,36
2	433,02	44,6	6,47
3	421,2	55,1	7,91
4	420,93	55,3	7,58
5	427,24	53,1	7,48
6	509,53	46,1	8,51
Průměr	432,99	49,23	7,22
Sm.Odch.	40,94	6,05	1,13
CV [%]	9,45	12,28	15,62

Tabulka 14: Naměřená data pro směr namáhání 75°.

Úhel namáhání 90 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	1232,21	44,5	19,67
2	979,86	39,8	13,63
3	1128,18	41,3	16,1
4	1273,15	44,1	20
5	1273,82	44,4	20,4
6	1014,76	43,1	14,85
Průměr	1150,33	42,86	17,44
Sm.Odch.	130,36	1,93	2,94
CV [%]	11,33	4,51	16,87

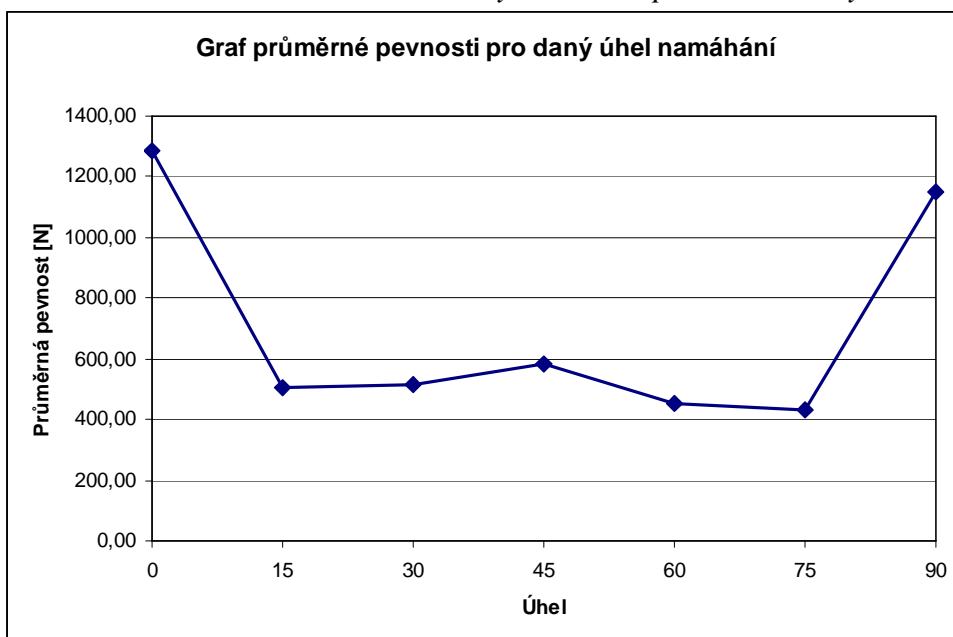
Tabulka 15: Naměřená data pro směr namáhání 90°.

4.3.5 Grafické vyhodnocení výsledků naměřených hodnot

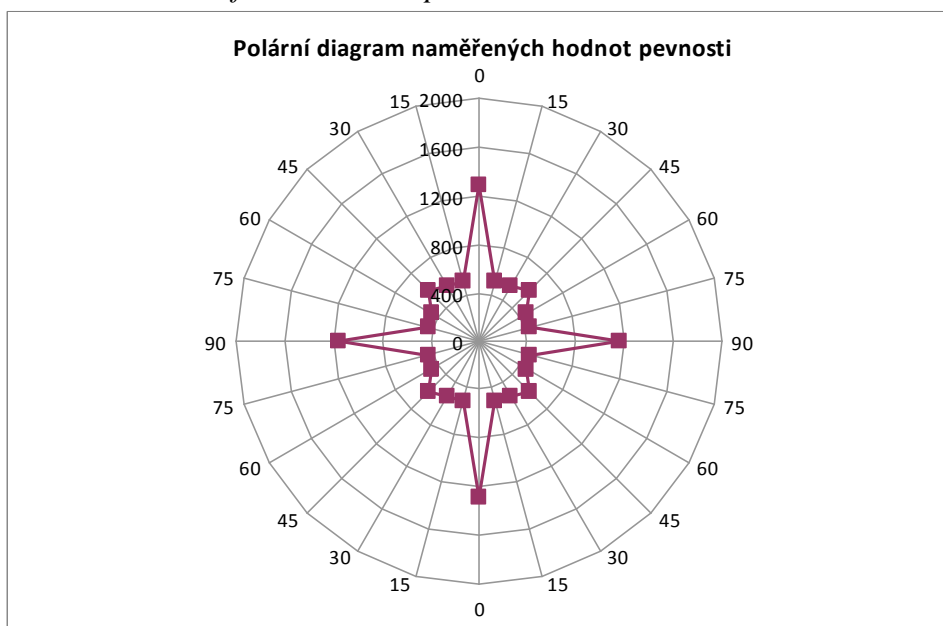
Průměrné hodnoty pevnosti vzorků tkaniny v [N] pro jednotlivé úhly namáhání

Úhel	Pevnost - průměr (N)
0	1283,78
15	503,55
30	515,99
45	581,70
60	453,69
75	432,99
90	1150,33

Tabulka 16: Průměrné hodnoty naměřené pevnosti tkaniny



Graf 17: Závislost pevnosti na úhlu namáhání.

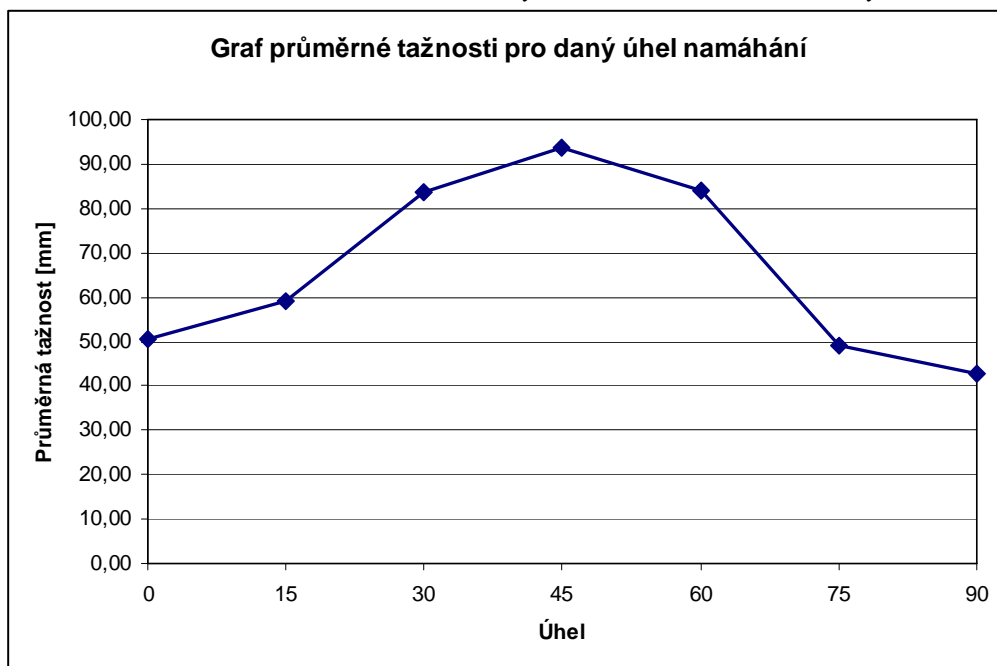


Graf 18: Polární diagram pevnosti.

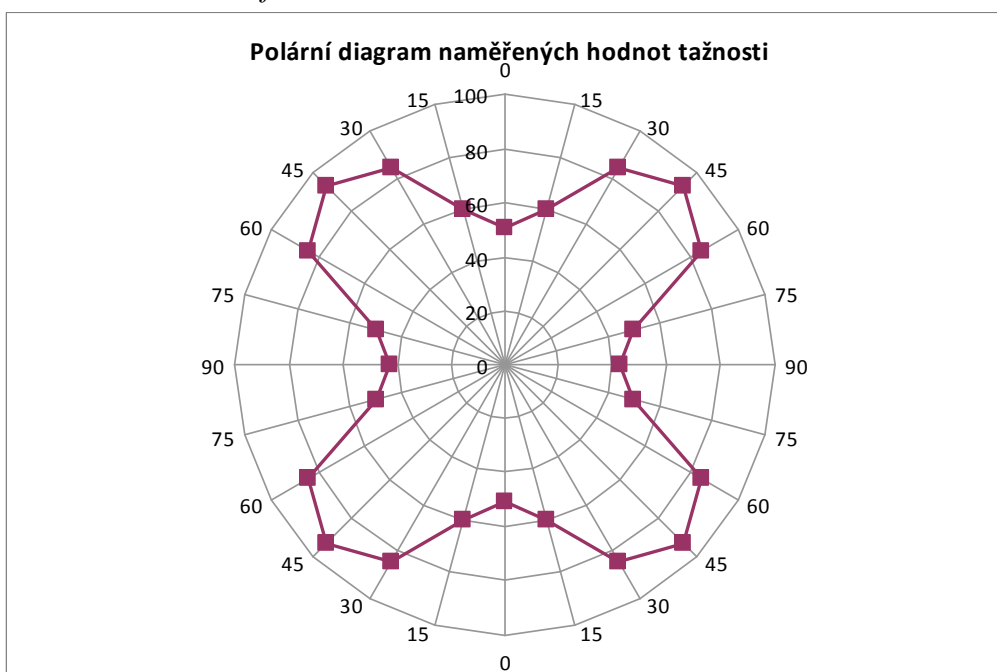
Průměrné hodnoty tažnosti vzorků tkaniny v [mm] pro jednotlivé úhly namáhání

Úhel	Tažnost - průměr (mm)
0	50,55
15	59,16
30	83,67
45	93,65
60	83,85
75	49,23
90	42,86

Tabulka 17: Průměrné hodnoty naměřené tažnosti tkaniny



Graf 19: Závislost tažnosti na úhlu namáhání.



Graf 20: Polární diagram tažnosti.

Stupeň anizotropie

Výpočet stupně anizotropie pevnosti měřeného vzorku tkaniny

$$S_A = (1283,78 - 432,99) / (1283,78 + 432,99) = 0,496$$

Výpočet stupně anizotropie tažnosti měřeného vzorku tkaniny

$$S_A = (93,65 - 42,86) / (93,65 + 42,86) = 0,372$$

5 Závěr

První část experimentu

V této části experimentu byly naměřeny hodnoty pevnosti a tažnosti při přetrhu u čtyř vzorků tkanin v plátňové vazbě s různou dostavou v útku. U těchto naměřených hodnot byl následně vyhodnocen vliv dostavy útku na pevnost a tažnost pro směr namáhání 0° (směr osnovy), 45° (diagonální směr) a 90° (směr útku).

Pevnost

Vyhodnocením pevnosti u vzorků tkanin s různou dostavou útku byla zjištěna závislost, kdy s růstem dostavy útku ve tkanině roste i neměřená pevnost, to se projevuje především ve směru namáhání po diagonále a po útku. Tato závislost při namáhání ve směru útku je způsobena především růstem počtu nití v rovině namáhání. Při porovnání výsledků byla zjištěna nejvyšší pevnost pro směr osnovy. Pevnost pro směr namáhání 0° , nebyla ovlivněna dostavou útku (2300, 1900, 1340, 920 $[m^{-1}]$) a měla přibližně stejnou hodnotu pro všechny měřené tkaniny. U tkaniny s nevyšší dostavou v útku, která je shodná s dostavou osnovy (2300 nití/m), byla naměřená maximální pevnost přibližně stejná pro směr osnovy, útku i diagonály. Pro směr osnovy 310,6 [N], útku 305,1[N] a diagonály 328,8[N]. Pevnost v diagonálním směru je přibližně stejná s pevností ve směru útku. Při namáhání tkaniny ve směru diagonály dojde nejdříve k posuvu osnovních a útkových nití v zúženém místě nenormovaného vzorku, kde se pak vzorek přetrhne v nejslabším místě.

Při porovnání pevnosti tkaniny namáhané po útku a po osnově, bylo použito pevnosti příze použité v tkanině pro výpočet pevnosti svazku přízí. Hodnoty pevnosti vypočítaného svazku přízí se výrazně liší od hodnot naměřených pevností, to je ovlivněno způsobem měření pevnosti příze. Příze je měřena v upínací délce 500 [mm], takže je větší pravděpodobnost, že se na tomto úseku vyskytne slabé místo a dojde k přetrhu při menší síle, což ovlivní výslednou hodnotu pevnosti příze. Větší pevnost vzorků tkaniny oproti pevnosti svazku přízí, může být zapříčiněna také provázáním přízí v tkanině a tím třecími silami ve vazných bodech tkanin, kde se kříží osnovní a útkové nitě.

Tažnost

Vyhodnocením naměřených hodnot tažnosti tkanin s různou dostavou útku, byla zjištěna závislost tažnosti na dostavě útku. Při větší dostavě útku ve tkanině dochází k růstu tažnosti tkanin. Tuto závislost lze odůvodnit větším setkáním přízí ve tkanině. To se projeví při namáhání vzorku, kdy dochází k protažení (příze se napřimují) a při větším setkání dochází k růstu tažnosti tkaniny.

Vliv dostavy útku ve tkanině na její tažnost byl různý pro směr osnovy (0°), útku (90°) a směru diagonály (45°). Tkanina plátnové vazby s největší dostavou útku 2300 nití/m má pro směr osnovy (0°) o 6 % větší tažnost, než tkanina s nejmenší dostavou útku 920 nití/m. Pro směr útku (9°) byl zjištěn rozdíl 5,6 % a pro směr diagonály (45°) 14,4 %. Výsledkem je tedy narůstající tažnost s rostoucí dostavou v útku. Také lze porovnat vliv směru na naměřenou tažnost, kde byla zjištěna tažnost např. pro největší dostavu v útku 2300 nití/m u diagonálního směru o 30% větší než u směru osnovy. Pro směr osnovy a útku byla tažnost přibližně stejná. Tyto hodnoty vypovídají o nárůstu tažnosti pro diagonální směr. To je způsobeno tím, že se nitě ve tkanině za působení síly nejprve napřimují.

Při porovnání tažnosti tkaniny namáhané po útku a po osnově, bylo použito hodnoty tažnosti příze použité v tkanině. Výpočtem tažnosti nití dle daného setkání podle dostav útku ve tkanině bylo zjištěno, že křivka naměřených tažností přibližně kopíruje křivku tažností přízí. Z toho vyplývá, že tkanina nemá vliv na tažnost nití použitých ve tkanině, hodnoty tažnosti nití ve tkanině jsou dané především setkáním.

Druhá část experimentu

Tažnost odpovídá poměrnému prodloužení v okamžiku přerušení textilie. U ideální tkaniny, která má pro oba hlavní směry (směr osnovy a útku) stejné parametry (materiál, dostavu, jemnost přízí apod.) se, s výjimkou namáhání v diagonálním směru, přetrhnou nitě pouze jedné soustavy a ty mají rozhodující vliv na pevnost tkaniny.

Tkanina, na které bylo prováděno měření je z hlediska tahové deformace výrazně anizotropní, to je patrné z polárních diagramů pevnosti a tažnosti. Tkanina je tažnější v diagonálním směru oproti směru osnovy, nebo útku. Při diagonálním

namáhání tkaniny dochází k větší příčné kontrakci a tím k větší pravděpodobnosti přetrhu v místech koncentrace napětí v čelistech.

U tahové zkoušky tkaniny bylo zjištěno vyšší protažení ve směru osnovy než ve směru útku. Tento jev je způsoben větším zvlněním osnovních nití oproti zvlnění útkových nití ve tkanině. Lze to vysvětlit tím, že během tkaní poměrně vysoká dostava osnovy a její napětí neumožnily útku, aby zaujal patřičné zvlnění a proto zůstal zvlněn jen nepatrně.

V [18] Neckář B. je popsán koeficient využití materiálu v multiaxiální soustavě tvořené dvěma soustavami nití, kde využití materiálu při úhlu 45° je na 50% procentech toho co je při úhlu 0° a 90° . To přibližně odpovídá hodnotám pevnosti zjištěných experimentálně na tkanině, kde je zjištěna ve směru diagonálním zhruba poloviční pevnost (581,7[N]) oproti směru namáhání po osnově (1283,8 [N]) a po útku (1150,3 [N]).

Minima pevnosti zkoušené tkaniny se nacházejí ve směrech svírajících s osnovou úhly 15° a 75° přesnost určení jejich poloh není příliš vysoká graf 17. Minima tažnosti jsou ve směrech 0° (směr osnovy) a 90° (směr útku) graf 19. Lze tedy říci, že předpoklady o průběhu závislosti pevnosti a tažnosti tkaniny se potvrdily.

Diplomová práce se zabývá návrhem způsobu popisu anizotropie struktury plošné textilie. Východiskem tohoto řešení je směrová charakteristika osy nitě v plošné textili. Tato charakteristika byla hodnocena pomocí distribuce směru osy příze v základním vazebním prvku tkaniny (tzv. vazné vlně). Pro vyhodnocení distribuce směru osy nitě byly použity dvě rozdílné metodiky. První vyhodnocovala distribuci směru osy příze v ekvidistantních krocích podle osy X. Druhá ji vyhodnocovala v ekvidistantních krocích podle délky křivky od počátku. Vyhodnocení distribuce směru osy příze dle těchto dvou metodik bylo provedeno pomocí skriptu vytvořeného v programu Matlab. Pro vyhodnocení se ukázalo vhodnější použití druhé metody a mohla by posloužit pro další bádání v této oblasti.

Určité závislosti v oblasti anizotropie deformačních vlastností tkanin byly ověřeny experimentálně.

6 Použité zdroje

- [1] Dostálová, M., Křivánková M.: Základy textilní a oděvní výroby, TU Liberec 2001
- [2] Chrpová E.: Technologie tkaní, TU Liberec 2006
- [3] Neckář B.: Struktura a vlastnosti textilií, [cit. 2-4-2011]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2008-07-18/13-52-42.pdf>
- [4] Kovář R.- struktura a vlastnosti plošných textilií, TU Liberec 2002
- [5] Strutex 2002 Lubomír Sodomka str. 453
- [6] Plošné textilie, [cit. 25-2-2011]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_plosne_textilie/index.htm
- [7] Košková B.- Struktura a vlastnosti vláken, TU Liberec 1989
- [8] Nováčková J.: Tkalcovské vazby, TUL 2006
- [9] Kovář, R.: Geometrie osy nitě a deformace průřezu, Strutex, TU Liberec 1999, ISBN 80-7083-371-8, str.121
- [10] Richterová, J.: Korekce Pištcova modelu vazné vlny, Strutex, TU Liberec 2001, str.113
- [11] Kovář, R.: Limitní zaplnění tkanin a pletenin, Strutex, TU Liberec 1999, ISBN 80-7083-371-8, str.165
- [12] Hloch Sergej, Sodomka,L., Valíček J.,Radvanská A. – Struktura, vlastnosti, diagnostika a technologie textilií, Vydavatelství Michala Vaška 2006
- [13] Richterová, J.: Vliv jemnosti útku na vlastnosti tkanin, Strutex, TU Liberec 2002 - str. 221
- [14] Pitucha, T.: Anizotropie deformace tkanin, diplomová práce, TU Liberec 2004
- [15] Kovář, R.: Směrová pevnost tkaniny. Seminář STRUTEX, Liberec 2001
- [16] Anizotropie, [cit. 3-2-2011]. Dostupné z: <http://www.345.vsb.cz/jirihruby/Texty/11Anizotrop.pdf>
- [17] Neckář B., Kavan P.:Přehled vlastností textíl z hlediska jejich fyzikální podstaty SVÚT Liberec 1981
- [18] Bohuslav Neckář, An introduce to the models specific to textiles, Multi- axial textiles, [cit. 8-4-2011]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2004-12-14/13-06-07.pdf> str.26

7 Příloha

Příloha 1: Vyhodnocení distribuce směru oka pleteniny

Příloha 2: Krabicové grafy z dat naměřených pevností a tažností pro jednotlivé směry namáhání.

Příloha 3: Vypracovaný skript v programu Matlab pro vyhodnocení distribuce směru osy příze v základním vazebním prvku tkaniny a pleteniny.

Příloha 4: Pracovní diagramy pro jednotlivá měření

Příloha 1

Vyhodnocení distribuce směru oka pleteniny

Model oka pleteniny dle Chamberlaina.

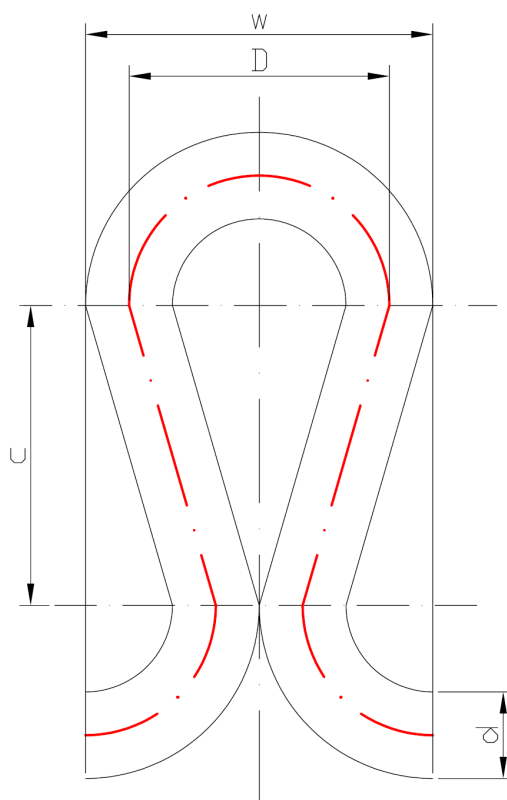
Tento model vztahuje všechny proměnné jen k průměru nitě (je to model tzv. „ideální“ pleteniny). Zaplnění je v těchto případech právě takové, že se nitě sousedních vazných bodů dotýkají (ve směru řádků i sloupků), ale ještě nedochází k deformaci obloučků.

Pro základní parametry struktury platí:

- Průměr obloučků (jehelních i platinových): $D = 3 \cdot d$
- rozteč sloupků: $w = 4 \cdot d$
- výpočet úseku c : $c = \sqrt{(4d)^2 - (2d)^2}$
- Délka nitě v modelu oka: $l = \pi \cdot 3d + 2\sqrt{c^2 + d^2} = d \cdot (3\pi + 2\sqrt{13}) = 16,64d$

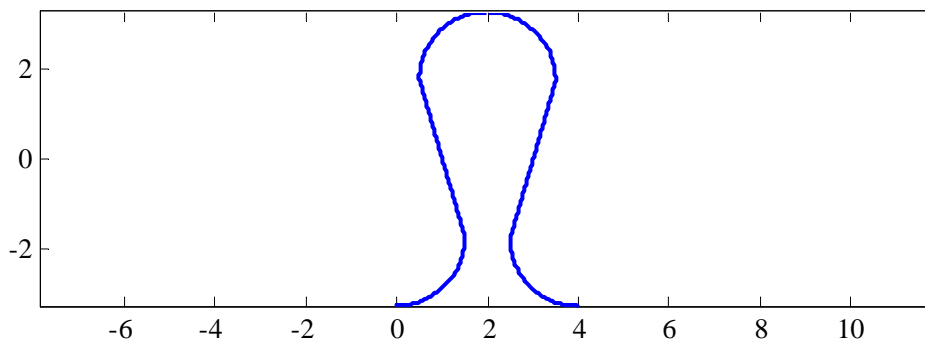
Peirce navrhl podobný model, pouze lépe navázal obloučky na stěny oček (bez zlomu, obloučky prodloužil a stěny zkrátil). Délka nitě v oku vyšla komplikovaněji prakticky stejná ($l = 16,66 d$).

Vyobrazení modelu oka pleteniny dle Chamberlaina.

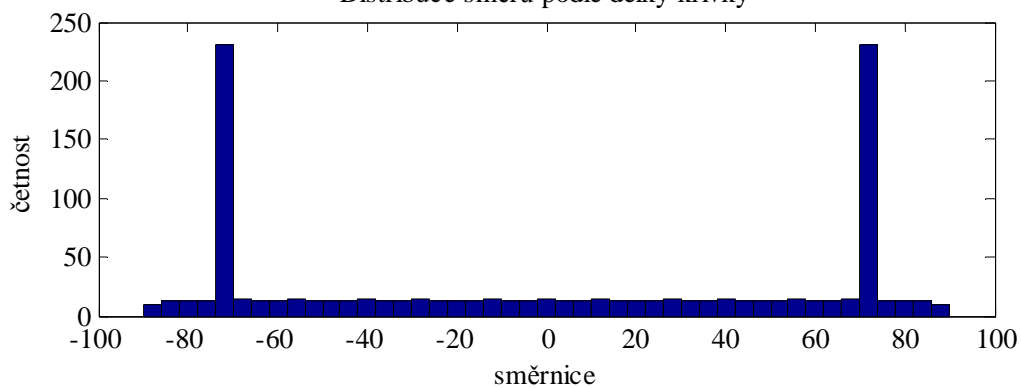


Vyhodnocení distribuce směru osy nitě pro model oka pleteniny dle Chamberlaina.

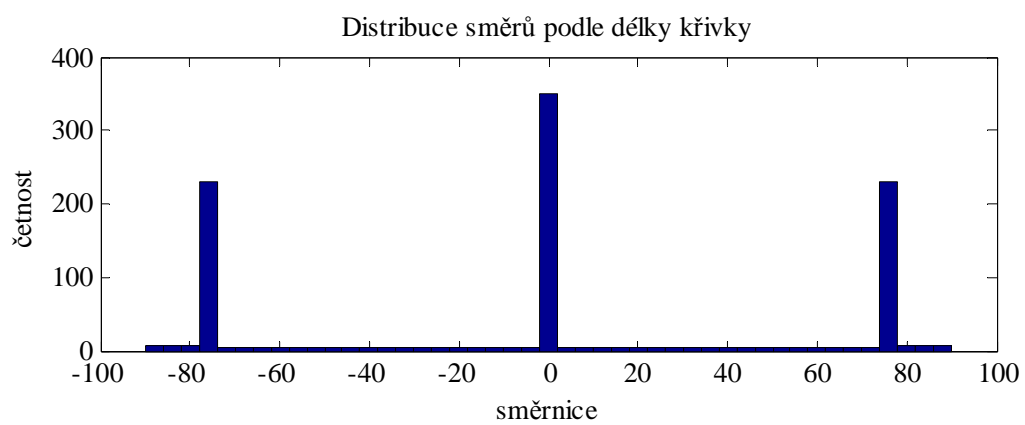
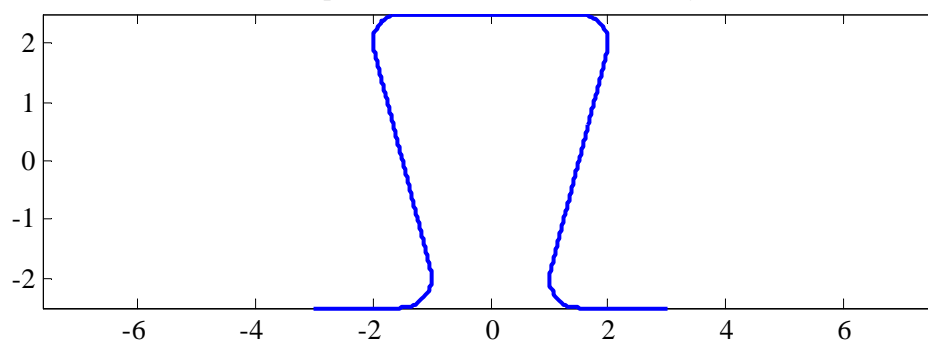
osa příze v daném modelu vazné vlny



Distribuce směrů podle délky křivky



Vyhodnocení distribuce směru osy nitě pro model oka pleteniny dle Pierce.
osa příže v daném modelu vazné vlny



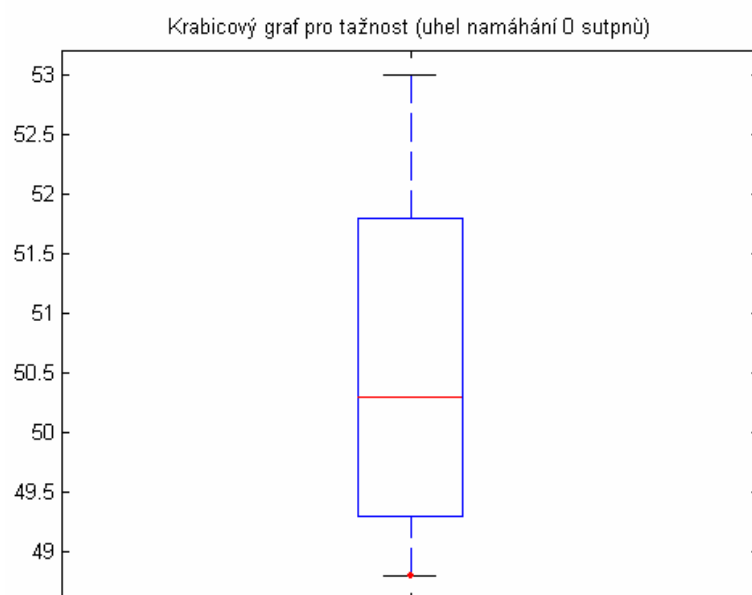
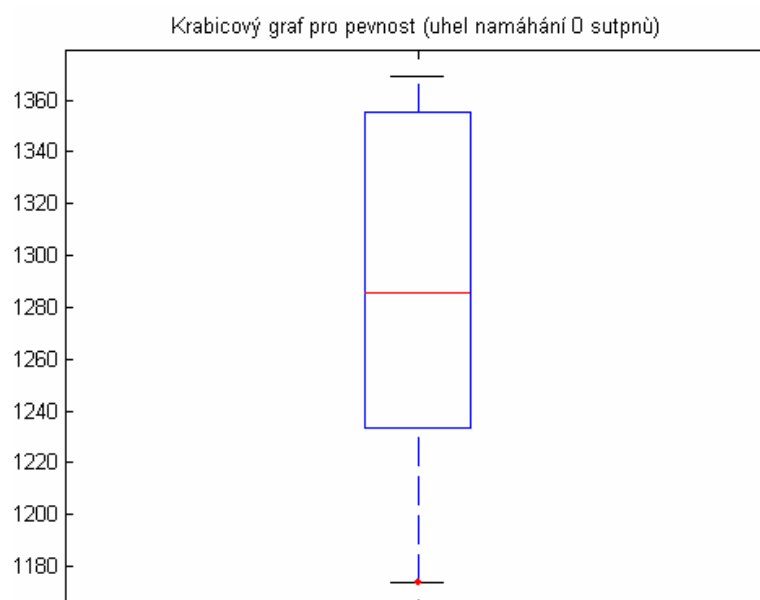
Příloha 2

Krabicové grafy z dat naměřených pevností a tažností pro jednotlivé směry namáhání.

Naměřená data pro směr namáhání 0°.

Úhel namáhání 0 stupňů			
Měření	Pevnost [N]	Tažnost [mm]	Energie [J]
1	1173,8	48,8	19,64
2	1277,2	50,3	22,11
3	1233,6	49,3	21,89
4	1369,1	53	25,93
5	1355	50,3	24,12
6	1294	51,8	23,41
Průměr	1283,78	50,55	22,85
Sm.Odch.	73,65	1,55	2,15
CV [%]	5,74	3,07	9,42

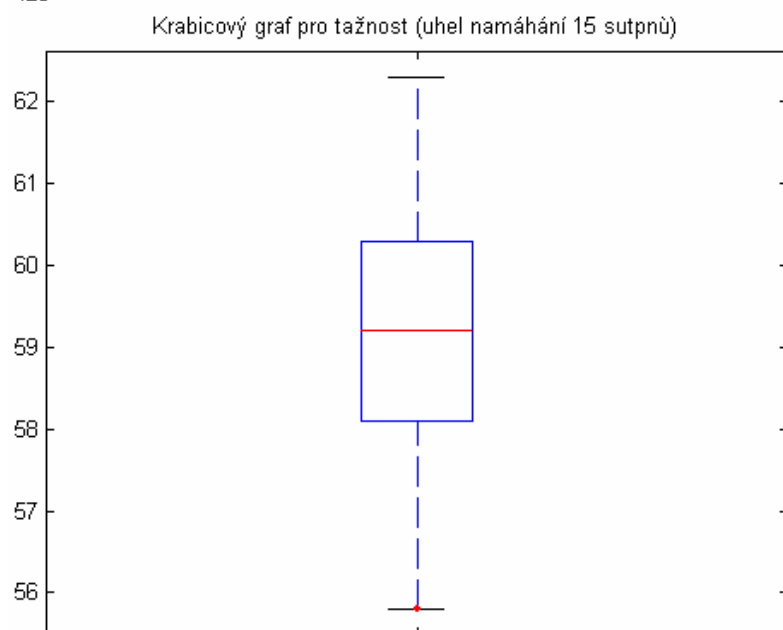
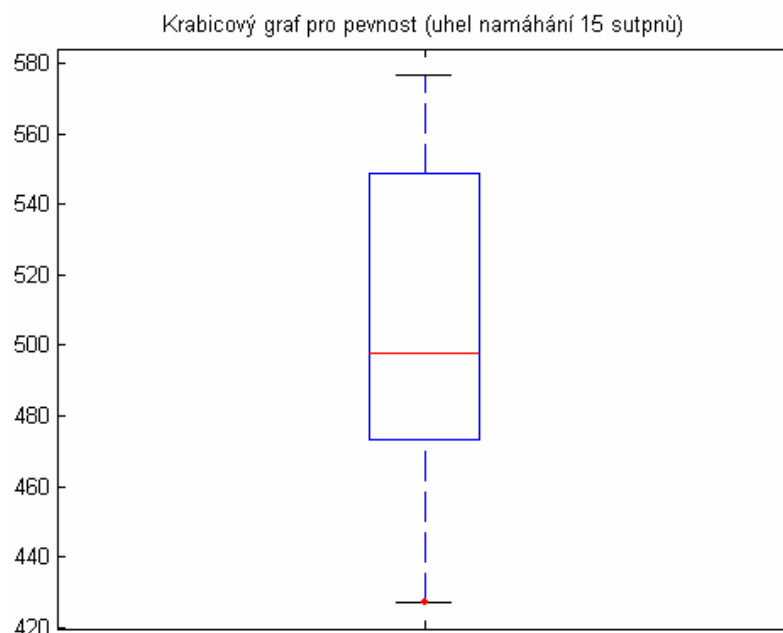
Grafické znázornění dat měření pevnost a tažnost, pomocí krabicového grafu pro směr namáhání 0°.



Naměřená data pro směr namáhání 15°.

Úhel namáhání 15 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	548,72	60,3	11,11
2	576,64	62,3	12,37
3	489,93	58,1	9,78
4	427,11	55,8	7,35
5	505,77	60,3	9,83
6	473,15	58,1	8,74
Průměr	503,55	59,16	9,86
Sm.Odch.	53,55	2,27	1,76
CV [%]	10,64	3,84	17,81

Grafické znázornění dat měření pevnost a tažnost, pomocí krabicového grafu pro směr namáhání 15°.

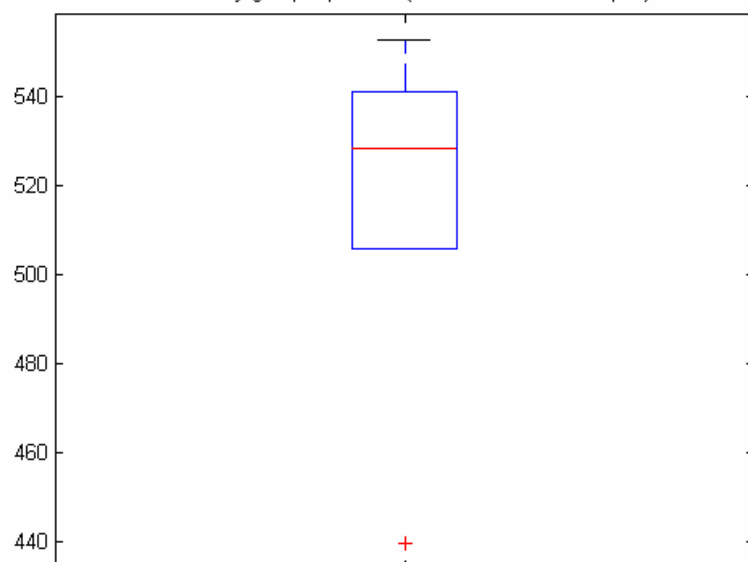


Naměřená data pro směr namáhání 30°.

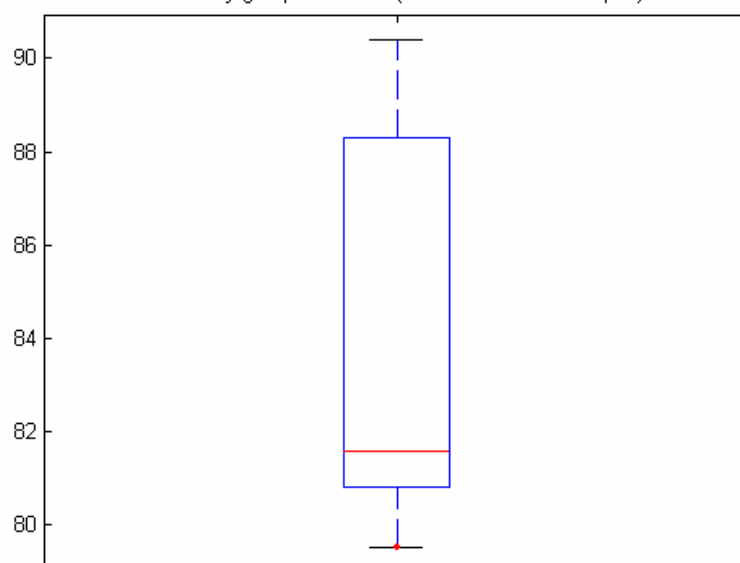
Úhel namáhání 30 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	526,44	81,3	12,55
2	541,2	79,5	12,66
3	530,2	81,8	12,69
4	505,77	88,3	12,74
5	439,59	80,8	9,74
6	552,75	90,4	14,31
Průměr	515,99	83,67	12,45
Sm.Odch.	40,59	4,52	1,48
CV [%]	7,87	5,4	11,91

Grafické znázornění dat měření pevnost a tažnost, pomocí krabicového grafu pro směr namáhání 30°.

Krabicový graf pro pevnost (uhel namáhání 30 stupňů)



Krabicový graf pro tažnost (uhel namáhání 30 stupňů)

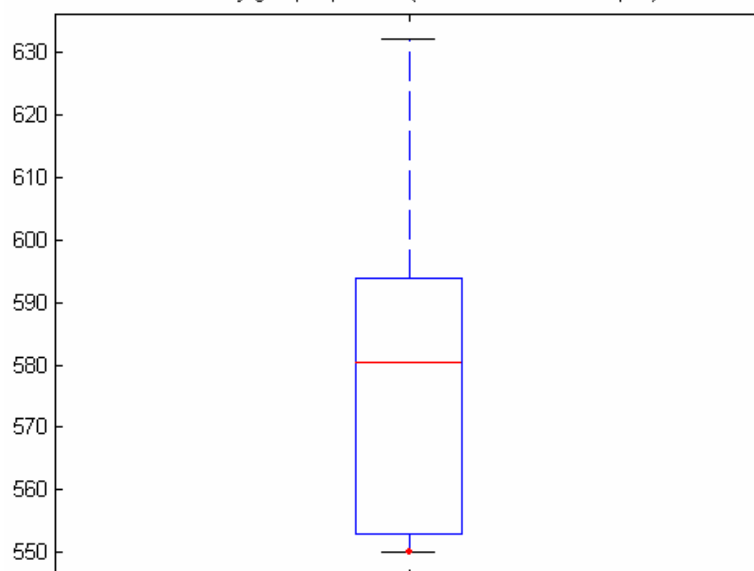


Naměřená data pro směr namáhání 45°.

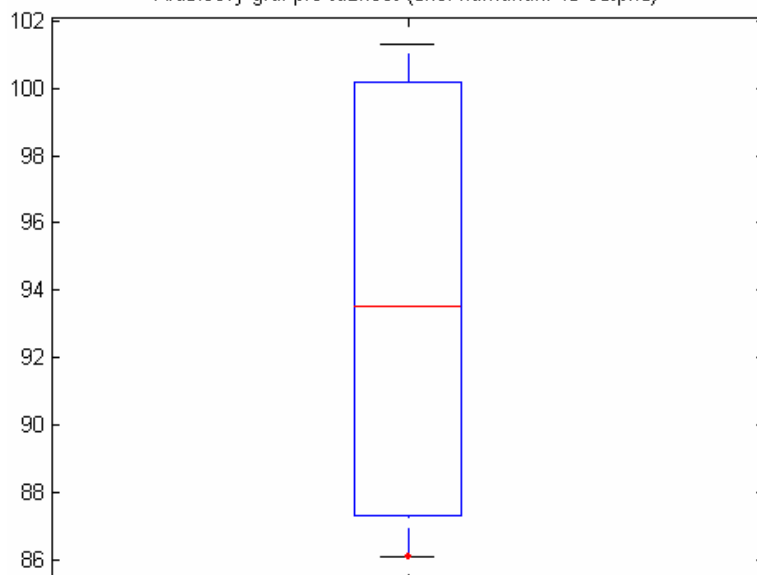
Úhel namáhání 45 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	593,82	89	15,16
2	569,39	86,1	13,92
3	632,21	87,3	16,33
4	550,06	100,2	15,7
5	553,02	98,1	15,02
6	591,67	101,3	16,62
Průměr	581,7	93,65	15,46
Sm.Odch.	30,9	6,93	0,98
CV [%]	5,31	7,4	6,35

Grafické znázornění dat měření pevnost a tažnost, pomocí krabicového grafu pro směr namáhání 45°.

Krabicový graf pro pevnost (uhel namáhání 45 stupňů)



Krabicový graf pro tažnost (uhel namáhání 45 stupňů)

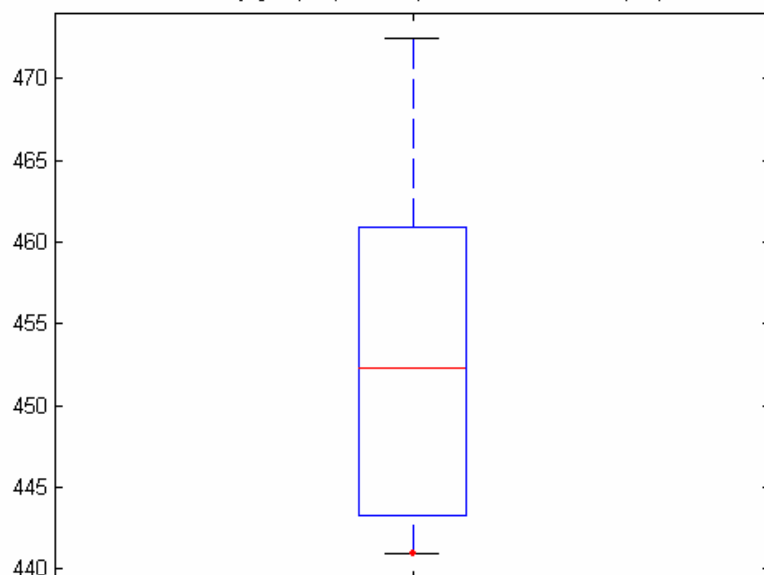


Naměřená data pro směr namáhání 60°.

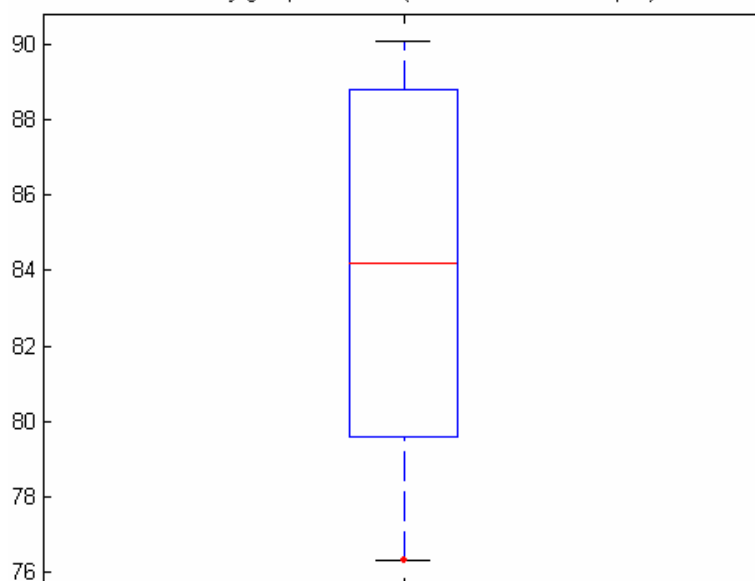
Úhel namáhání 60 stupňů			
Měření	Pevnost [N]	Tažnost [mm]	Energie [J]
1	472,48	79,6	10,45
2	460,93	76,3	9,58
3	451,27	80,3	10,32
4	443,22	88,1	10,23
5	453,28	90,1	10,36
6	440,93	88,8	9,93
Průměr	453,69	83,85	10,15
Sm.Odch.	11,7	5,81	0,33
CV [%]	2,58	6,93	3,25

Grafické znázornění dat měření pevnost a tažnost, pomocí krabicového grafu pro směr namáhání 60°.

Krabicový graf pro pevnost (uhel namáhání 60 stupňů)



Krabicový graf pro tažnost (uhel namáhání 60 stupňů)

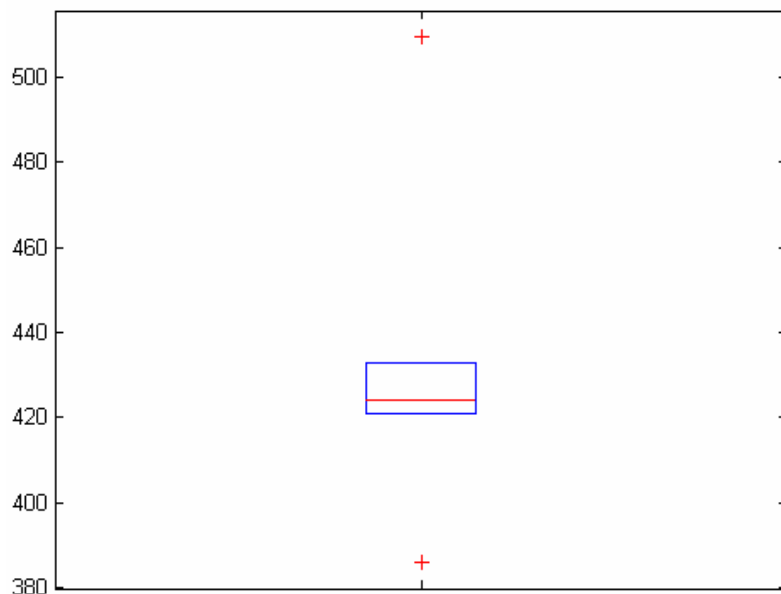


Naměřená data pro směr namáhání 75°.

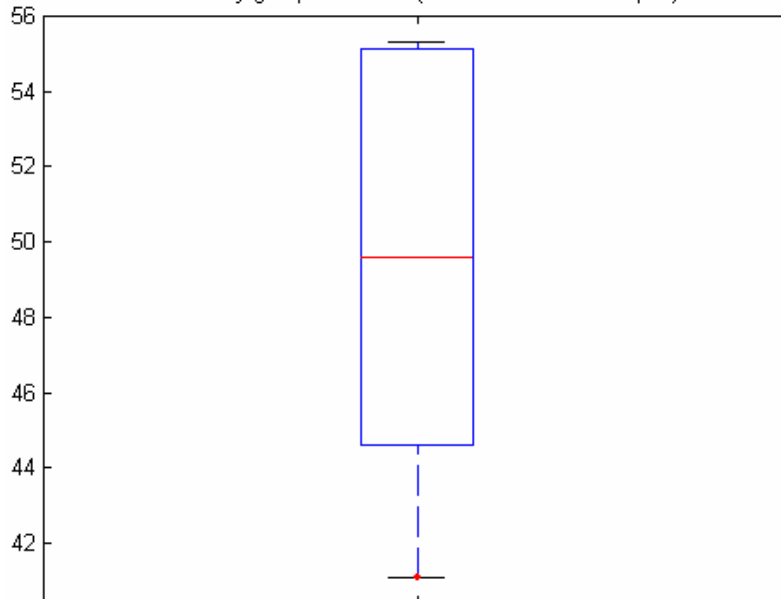
Úhel namáhání 75 stupňů			
Měření	Pevnost [N]	Tažnost [mm]	Energie [J]
1	386,04	41,1	5,36
2	433,02	44,6	6,47
3	421,2	55,1	7,91
4	420,93	55,3	7,58
5	427,24	53,1	7,48
6	509,53	46,1	8,51
Průměr	432,99	49,23	7,22
Sm.Odch.	40,94	6,05	1,13
CV [%]	9,45	12,28	15,62

Grafické znázornění dat měření pevnost a tažnost, pomocí krabicového grafu pro směr namáhání 75°.

Krabicový graf pro pevnost (uhel namáhání 75 stupňů)



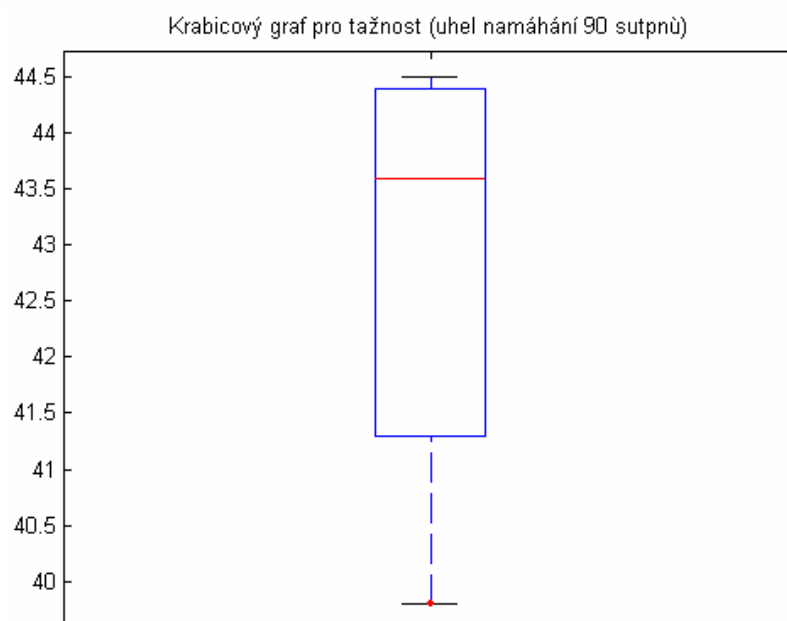
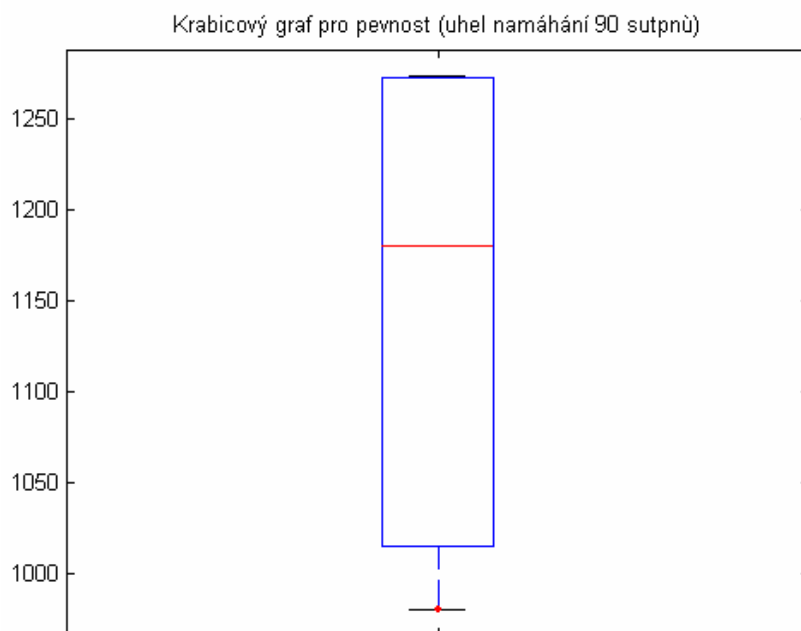
Krabicový graf pro tažnost (uhel namáhání 75 stupňů)



Naměřená data pro směr namáhání 90°.

Úhel namáhání 90 stupňů			
Měření	Pevnost	Tažnost	Energie
	[N]	[mm]	[J]
1	1232,21	44,5	19,67
2	979,86	39,8	13,63
3	1128,18	41,3	16,1
4	1273,15	44,1	20
5	1273,82	44,4	20,4
6	1014,76	43,1	14,85
Průměr	1150,33	42,86	17,44
Sm.Odch.	130,36	1,93	2,94
CV [%]	11,33	4,51	16,87

Grafické znázornění dat měření pevnost a tažnost, pomocí krabicového grafu pro směr namáhání 90°.



Příloha 3

Vypracovaný skript v programu Matlab pro vyhodnocení distribuce směru osy příze v základním vazebním prvku tkaniny a pleteniny.

plotDistributions.m

```
function plotDistributions(x, y, l, hist_n, plot_title, plot_x_dist)
% x ... x-ove hodnoty
% y ... příslušné y-ove hodnoty
% l ... příslušná délka křivky od počátku
% hist_n ... počet bodů pro vyhodnocení distribuce směrnice
% plot_title ... popis grafu

n = length(x); % počet dat

figure; % otevření nového okna pro grafy
subplot(3,1,1); % první graf - zobrazení křivky
plot(x,y, 'b', 'LineWidth', 2); % vykreslení křivky
axis equal; % "vyrovnání" měřítka pro obě osy grafu
title(plot_title); % zobrazení názvu

if (plot_x_dist)
    % vyber indexu odpovídajících ekvidistantnímu rozdělení podle osy x
    if (min(x) == (max(x))) % pouze pro případ svisle křivky (konst. x)
        ii = floor(linspace(0, n-3, hist_n+1))+1; % proved' výběr indexu na zaklade
celkového počtu
    else % pro ostatní případy
        m = linspace(0, x(end), hist_n+1); % ekvidistantně rozdělené body podle osy x - pro
ty není y známé
        ii = zeros(hist_n+1, 1); % bude obsahovat indexy, pro které je hodnota x nejbližší
příslušné požadované hodnotě m
        % vyhledávání indexu ii
        for i = 1:(hist_n+1) % pro všechny hodnoty m
            [ tmp, iii ] = min((x - m(i)).^2); % výběr indexu x nejbližšího aktuálnímu m
            ii(i) = min(iii, n-2);
        end
    end
    % nalezení směrnice křivky v požadovaných bodech
    % atan vrací úhel v rad, proto dělím pi a násobím 180 poté je výsledek ve stupních
    theta_x = atan((y(ii(1:end)+2) - y(ii(1:end))))/(x(ii(1:end)+2) - x(ii(1:end))))/pi*180;
end

% výběr indexu odpovídajících ekvidistantnímu rozdělení podle délky křivky od
počátku
% l(end) ... celková délka křivky
m = linspace(0, l(end), hist_n+1);
ii = zeros(hist_n+1, 1);
for i = 1:(hist_n+1)
    [ tmp, iii ] = min((l - m(i)).^2);
```

```

    ii(i) = min(iii, n-2);
end
% nalezení směrnice křivky v požadovaných bodech
theta_1 = atan((y(ii(1:end)+2) - y(ii(1:end))))/(x(ii(1:end)+2) - x(ii(1:end))))/pi*180;

```

```

% vykreslení histogramu
if (plot_x_dist)
    subplot(3,1,2);
    hist(theta_x, 30);
end

```

```

subplot(3,1,3);
hist(theta_1, 30);

```

smery.m

```

clear *;
close all;
% clc;

```

```

n = 10000;    % počet bodů k vykreslení
hist_n = 1000; % počet bodů pro vyhodnocení distribuce směrnice

```

```

%% čára svisla

```

```

a = 1;    % délka křivky

```

```

x0 = zeros(1, n); % nastavení x-ových hodnot
y0 = linspace(0, a, n); % lineární rozdělení n bodů od 0 do a
l0 = y0; % délka křivky od počátku pro každý bod

```

```

% vykreslení křivky a histogramu směru
plotDistributions(x0, y0, l0, hist_n, 'Pohled shora - smer osnovy', 1);

```

```

%% čára svislá

```

```

a = 1;

```

```

y0 = zeros(1, n);
x0 = linspace(0, a, n);
l0 = x0;

```

```

% vykreslení křivky a histogramu směru
plotDistributions(x0, y0, l0, hist_n, 'Pohled shora - smer utku', 1);

```

```

%% pletenina - Pierce

```

```

% parametry
d = 1;    % průměr příze
A = d/2;

```



```

b = 6;
a = 4;

% krivka rozdelena na 4 segmenty, kazdy segment tvoren 2 oblouky a 2 usecky

% za zaklad uvazovan pravy horni segment
% 1. oblouk (ctvrt-kruznice)
gamma = asin(d/a);
x0 = linspace(0, A*sin(pi/2), n*4/3*(gamma/pi*2)); % x-ove hodnoty
x0alpha = asin(x0/A); % uhel v oblouku
l0 = cumsum([ 0 A*abs(diff(x0alpha)) ]); % delka krivky urcena na zaklade uhlu
y0 = sqrt(A^2-x0.^2); % y-ove hodnoty

% 2. oblouk (nazavujici cast oblouku)
x1 = linspace(A*sin(pi/2), A*sin(pi/2-gamma), n*4/3*(1-gamma/pi*2));
x1alpha = asin(x1/A);
l1 = cumsum([ 0 A*abs(diff(x1alpha)) ]);
y1 = -sqrt(A^2-x1.^2);

% navazani obou oblouku
x0 = [ x0 x1 ];
y0 = [ y0 y1 ];
l0 = [ l0 l1+l0(end) ];

% vodorovna usecka
x1 = linspace(0, b/4, n*4/3);
y1 = zeros(size(x1));
l1 = x1;

% navazani usecky a spojenych oblouku - vcetne prislusne akumulovane
% vzdalenosti krivky
x0 = [ x1 x0+b/4 ];
y0 = [ y1 y0-d/2 ];
l0 = [ l1 l0+l1(end) ];

% "svisla" usecka (pod uhlem)
c = a*sin(gamma)/2;
x1 = linspace(0, c*cos(gamma), n*4/3);
l1 = x1 / sin(gamma);
y1 = x1 / tan(gamma);

% navazani usecky k predchozim castem
x0 = [ x0 x1(end:-1:1)+b/4 ];
y0 = [ y0+(a+d)/2 y1(end:-1:1) ];
l1diff = [ 0 diff(l1) ];
l0 = [ l0 cumsum(l1diff(end:-1:1))+l0(end) ];

% zreplikovani segmentu na navazujici pravy dolni a navazani
x0 = [ x0 b/2-x0(end:-1:1) ];
y0 = [ y0 -y0(end:-1:1) ];

```

```

l0diff = [ 0 diff(l0) ];
l0 = [ l0 cumsum(l0diff(end:-1:1))+l0(end) ];

% zreplicovani prave casti na levou a navazani
x0 = [ -x0(end:-1:1) x0 ];
y0 = [ y0(end:-1:1) y0 ];
l0diff = [ 0 diff(l0) ];
l0 = [ cumsum(l0diff(end:-1:1)) l0+l0(end) ];

% vykresleni krivky a histogramu smeru
plotDistributions(x0, y0, l0, hist_n, 'Pletenina - Pierce', 0);

%% pletenina - Chamberlain

% parametry
d = 1;
A = d+d/2;
c = 2*d*sqrt(3);

% krivka rozdelena na 4 segmenty, kazdy segment tvoren obloukem a useckou

% za zaklad uvazovan levy dolni segment
% oblouk (ctvrt-kruznice)
x0 = linspace(0, A*sin(pi/2), n*2/4);
x0alpha = asin(x0/A);
l0 = cumsum([ 0 A*abs(diff(x0alpha)) ]);
y0 = sqrt(A^2-x0.^2);

% usecka
x1 = linspace(0, 0.5*d, n*2/4);
gamma = atan(c/d);
l1 = x1 / cos(gamma);
y1 = x1*tan(gamma);

% navazani usecky a oblouku
x0 = [ x0 -x1+1.5*d ];
y0 = [ -y0-c/2 y1-c/2 ];
l0 = [ l0 l0(end)+l1 ];

% zreplicovani segmentu na navazujici levy horni a navazani
x0 = [ x0 2*d-x0(end:-1:1) ];
y0 = [ y0 -y0(end:-1:1) ];
% l0 = [ l0 l0(end)+l0 ];
l0diff = [ 0 diff(l0) ];
l0 = [ l0 cumsum(l0diff(end:-1:1))+l0(end) ];

% zreplicovani leve casti na pravou a navazani
x0 = [ x0 2*d+x0 ];
y0 = [ y0 y0(end:-1:1) ];
l0diff = [ 0 diff(l0) ];

```

```

l0 = [ l0 cumsum(l0diff(end:-1:1))+l0(end) ];

% vykresleni krivky a histogramu smeru
plotDistributions(x0, y0, l0, hist_n, 'Pletenina - Chamberlain', 0);

%% Pierce

% parametry
do = 1;
du = do;
A = (do+du)/2;
alpha = 25 / 180*pi;

p = do * (2-cos(alpha)) / sin(alpha);

% kontrola meznich parametru
a = 2*A*sin(alpha)/p;
if (a >= 1)
    fprintf(1, 'WARNING: wrong alpha\n');
end

% krivka rozdelena na 4 segmenty, kazdy segment tvoren obloukem a useckou

% za zaklad uvazovana leva cast horni pulvlny
% oblouk
n1 = n/4*a;
x0 = linspace(-A*sin(alpha), 0, n1+1);
x0alpha = asin(x0/A);
l0 = cumsum([ 0 A*abs(diff(x0alpha)) ]);
y0 = sqrt(A^2-x0.^2) - (do/2);

% usecka
n2 = n/4 - n1; % n/4*(1-a);
x1 = linspace(0, p/2-A*sin(alpha), n2);
y1 = x1 * tan(alpha);
l1 = x1 / cos(alpha);

% navazani usecky a oblouku
x0 = [ x1 x0+x1(end)-x0(1) ];
y0 = [ y1 y0 ];
l0 = [ l1 l0+l1(end) ];

% zreplikovani na pravou cast horni pulvlny a navazani
x0 = [ x0 x0+x0(end) ];
y0 = [ y0 y0(end:-1:1) ];
l0diff = [ 0 diff(l0) ];
l0 = [ l0 cumsum(l0diff(end:-1:1))+l0(end) ];

% zreplikovani na dolni pulvlnu a navazani
x0 = [ x0 x0+x0(end) ];

```

```

y0 = [ y0 -y0 ];
l0 = [ l0 l0+l0(end) ];

% vykresleni krivky a histogramu smeru
plotDistributions(x0, y0, l0, hist_n, 'Pierce', 1);

%% sin model

% parametry
do = 1;
du = do;
A = (do+du)/2; % amplituda

x = linspace(0, 4*A, n);
y = A*sin(2*pi*x/4);
% vzdalenost krivky v pripade sin pocitana numerickou integraci
l = zeros(length(x), 1);
for i = 2:length(x)
    l(i) = quad(@(x)sqrt(1+cos(x).^2), x(i-1), x(i)); % numericka integrace od x(i-1) do
x(i)
end
% pozadujeme kumulativni delku od pocatku
l = cumsum(l);

% vykresleni krivky a histogramu smeru
plotDistributions(x, y, l, hist_n, 'sin', 1);

% max. namahani - usecka o delce odpovidajici celkove delce sin (neni
% uvazovana taznost nite/prize)
x0 = linspace(0, l(end), n);
y0 = zeros(size(x0));
l0 = x0;
% vykresleni krivky a histogramu smeru
plotDistributions(x0, y0, l0, hist_n, 'sin - max. namahani pri zachovani delky l', 1);

%% 1/2circle

% parametry
do = 1;
du = do;
A = (do+du)/2;

% krivka rozdelena na horni a dolni pulvlnu

% horni pulvlna (pulkriznice)
x0 = linspace(-A, A, n/2);
x0alpha = asin(x0/A);
l0 = cumsum([ 0 A*abs(diff(x0alpha)) ]);
y0 = sqrt(A^2-x0.^2);

```

```

% zreplikovani na dolni pulvlnu a navazani
y0 = [ y0 -y0 ];
x0 = x0 - x0(1);
x0 = [ x0 (x0+x0(end)) ];
l0 = [ l0 l0+l0(end) ];

% vykresleni krivky a histogramu smeru
plotDistributions(x0, y0, l0, hist_n, 'pulkruznice', 1);

%% vyrovnana - prubeh

% parametry
do = 1;
du = do;
A = (do+du)/2;
alpha = acos((do/2)/((do+du)/2));

% krivka rozdelena na horni a dolni pulvlnu

% horni pulvlna (pulkruznice)
x0 = linspace(-A*sin(alpha), A*sin(alpha), n/2);
x0alpha = asin(x0/A);
l0 = cumsum([ 0 A*abs(diff(x0alpha)) ]);
y0 = sqrt(A^2-x0.^2) - (do/2);

% zreplikovani na dolni pulvlnu a navazani
y0 = [ y0 -y0 ];
x0 = x0 - x0(1);
x0 = [ x0 (x0+x0(end)) ];
l0 = [ l0 l0+l0(end) ];

% vykresleni krivky a histogramu smeru
plotDistributions(x0, y0, l0, hist_n, 'vyrovnana', 1);

%% vyrovnana - prubeh

% parametry
do = 1;
du = do;
AA = (do+du)/2; % stanoveni vychoziho polomeru -> vychozi delky krivky
alphas = (15:15:90)/180*pi; % uhly, pro ktere bude vykreslen prubeh namahani

for alpha=alphas
% alpha/pi*180
A = pi*AA/(2*alpha); % prizpusobeni polomeru oblouku, aby delka krivky byla
konst. pro vsechny pripady

% horni pulvlna (pulkruznice)
x0 = linspace(-A*sin(alpha), A*sin(alpha), n/2);

```

```

x0alpha = asin(x0/A);
l0 = cumsum([ 0 A*abs(diff(x0alpha)) ]);
y0 = sqrt(A^2-x0.^2) - (A*cos(alpha));
% zreplikovani na dolni pulvlnu a navazani
y0 = [ y0 -y0 ];
x0 = x0 - x0(1);
x0 = [ x0 x0+x0(end) ];
l0 = [ l0 l0+l0(end) ];

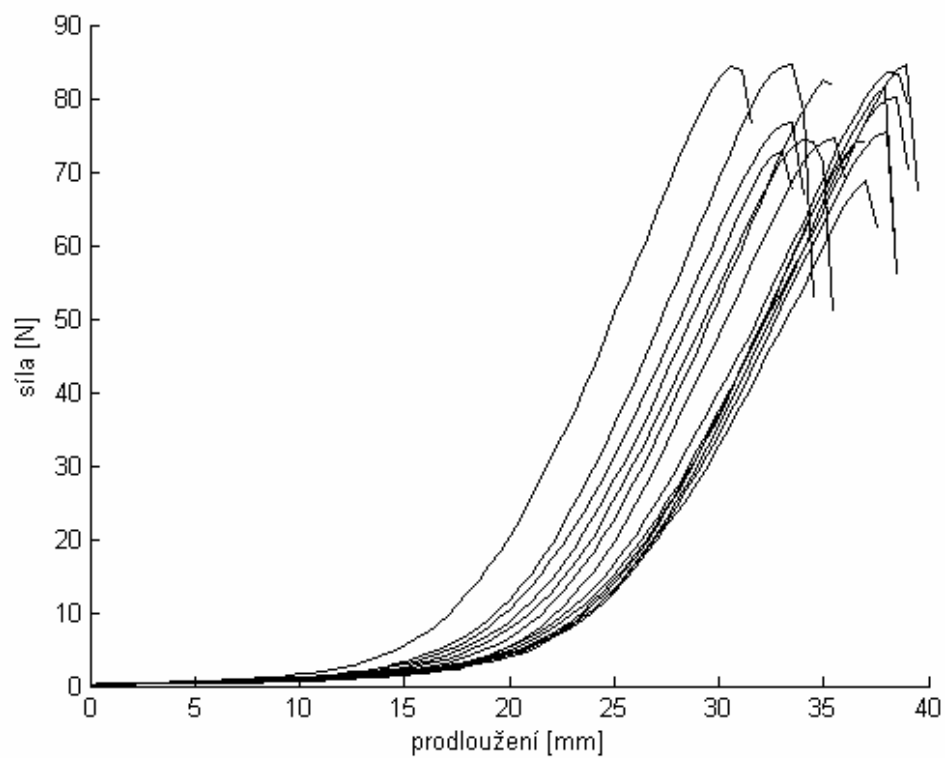
alpha_deg = (alpha/pi*180);
% vykresleni krivky a histogramu smeru
plotDistributions(x0, y0, l0, hist_n, sprintf('vyrovnana - prubeh namahani
\\alpha=%d°', alpha_deg), 1);
end

```

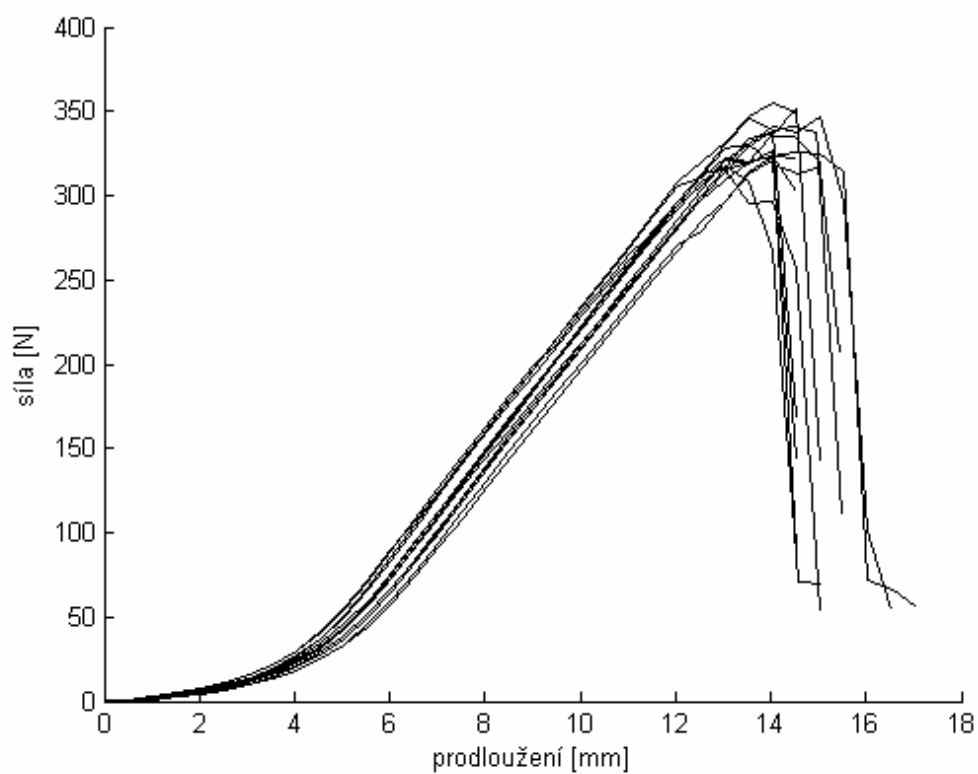
Příloha 4

Grafy měření, pro jednotlivé dostavy útků dle směru namáhání.

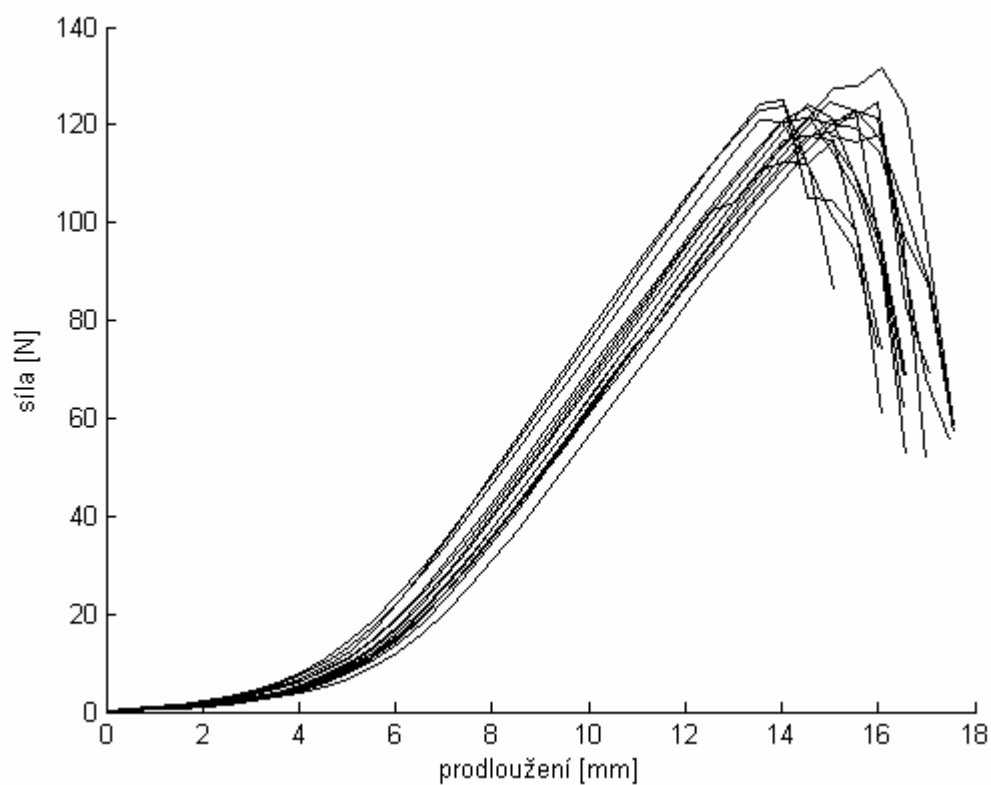
Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku plátnové vazby $du = 920 \text{ m}^{-1}$ pro diagonální směr.



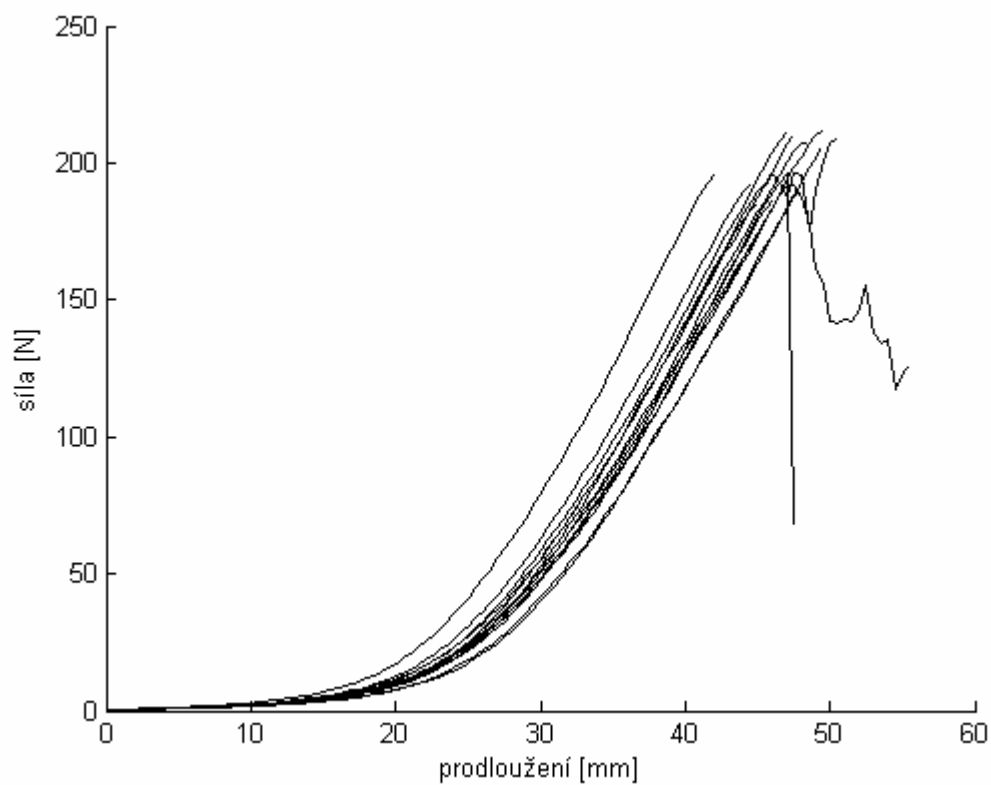
Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku plátnové vazby $du = 920 \text{ m}^{-1}$ pro směr osnovy.



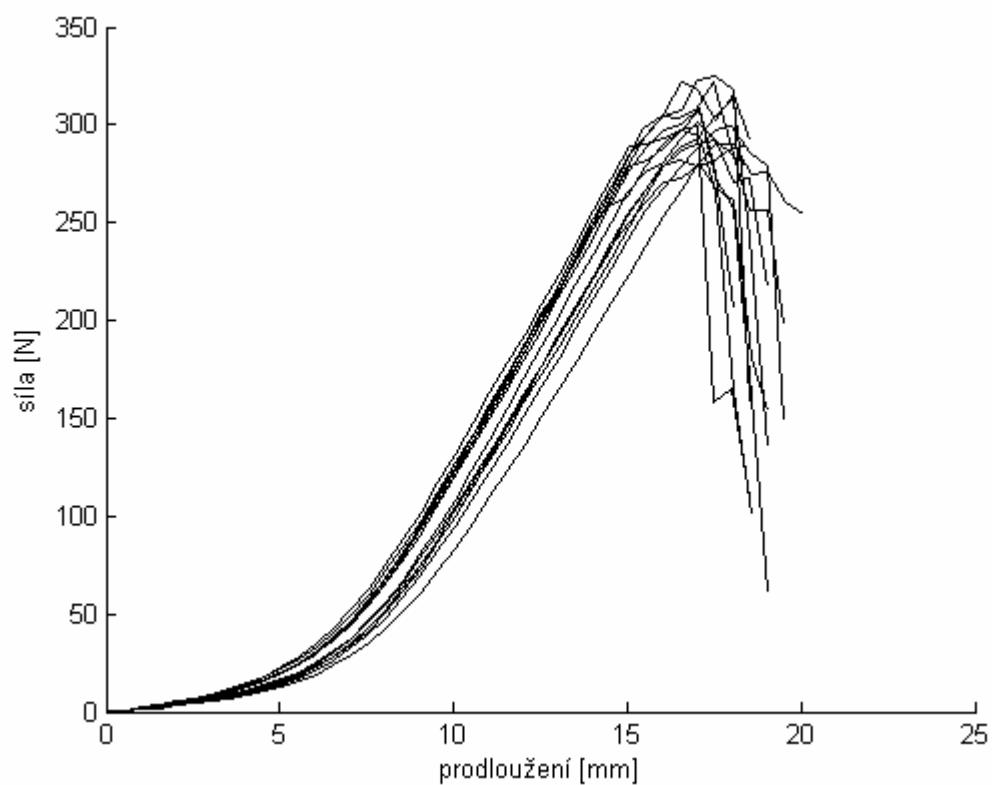
Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku plátnové vazby $du= 920\text{ m}^{-1}$ pro směr útku.



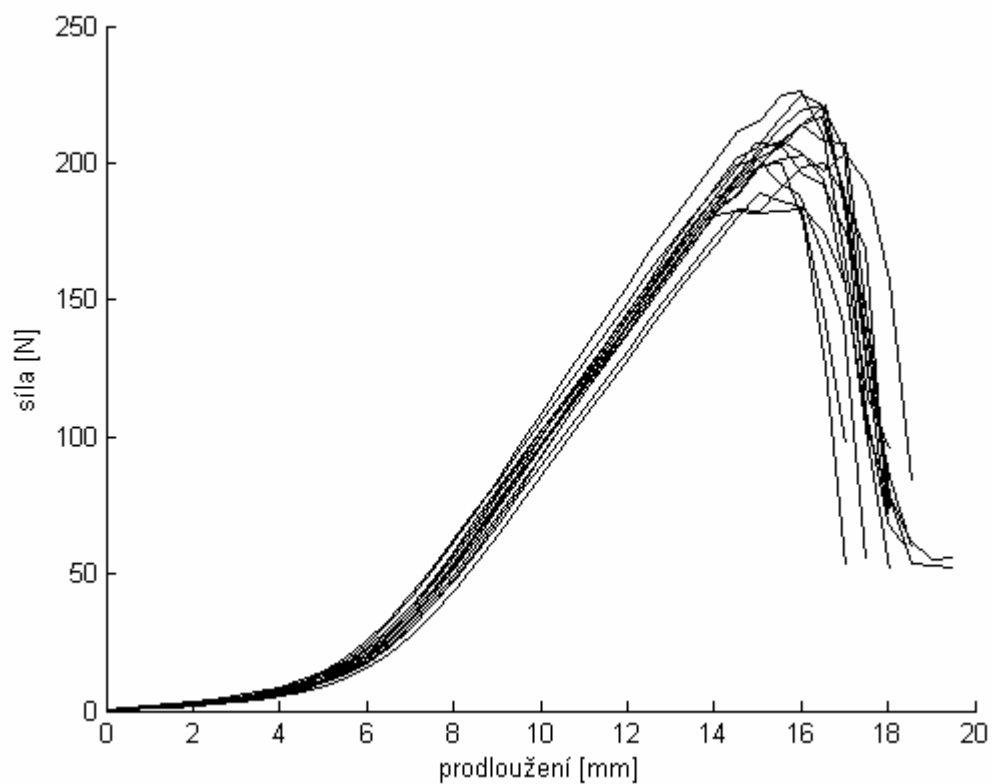
Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku plátnové vazby $du= 1340\text{ m}^{-1}$ pro diagonální směr.



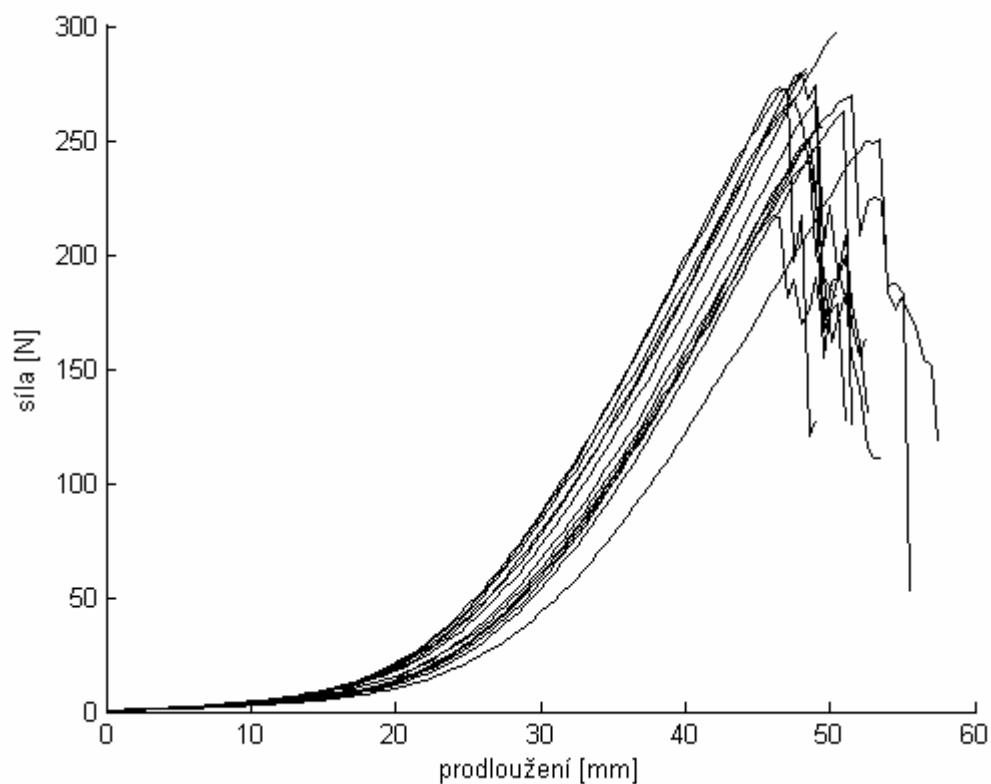
Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku plátnové vazby $du=1340\text{ m}^{-1}$ pro směr osnovy.



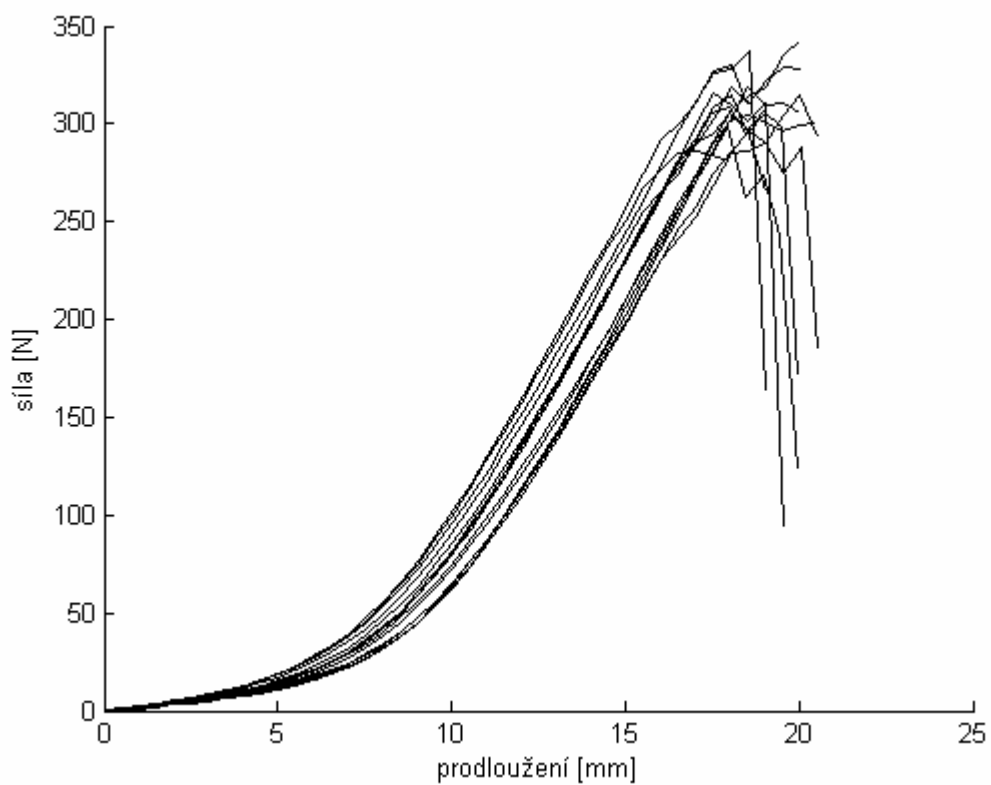
Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku plátnové vazby $du=1340\text{ m}^{-1}$ pro směr útku.



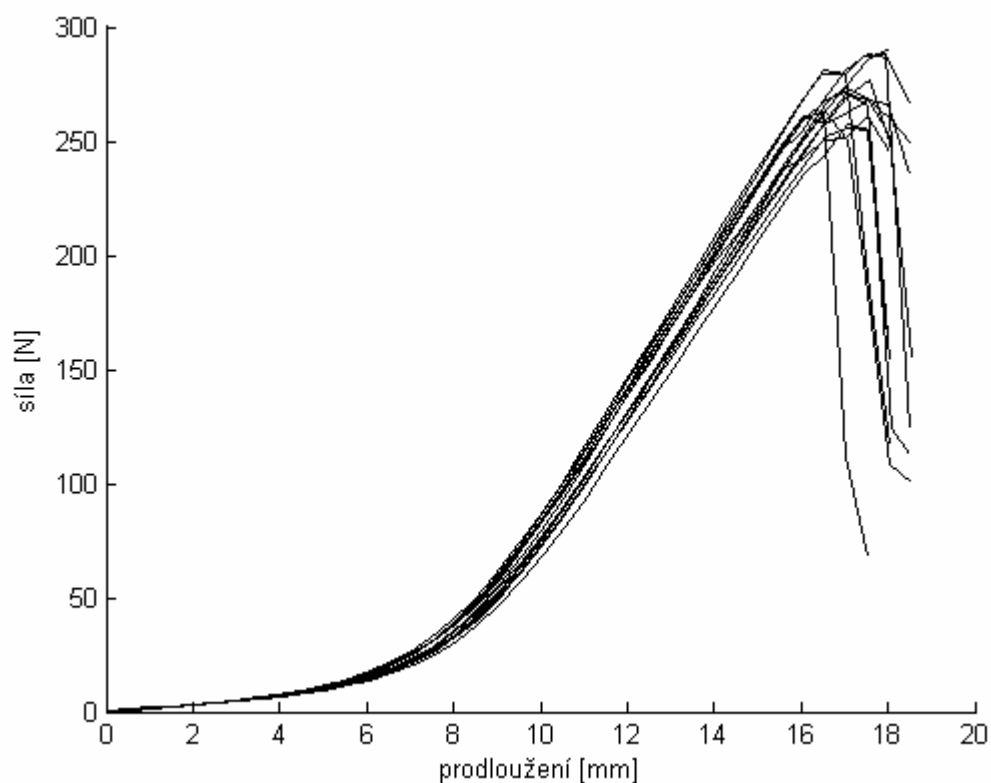
Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku plátnové vazby $du=1900\text{ m}^{-1}$ pro diagonální směr.



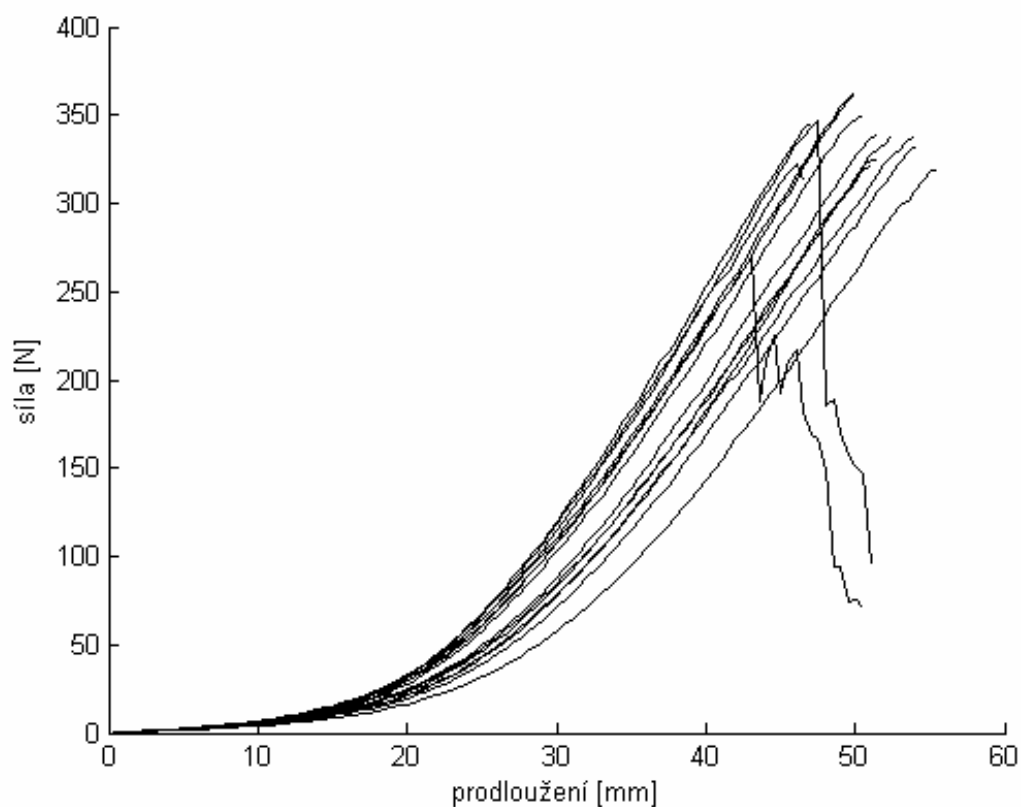
Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku plátnové vazby $du=1900\text{ m}^{-1}$ pro směr osnovy.



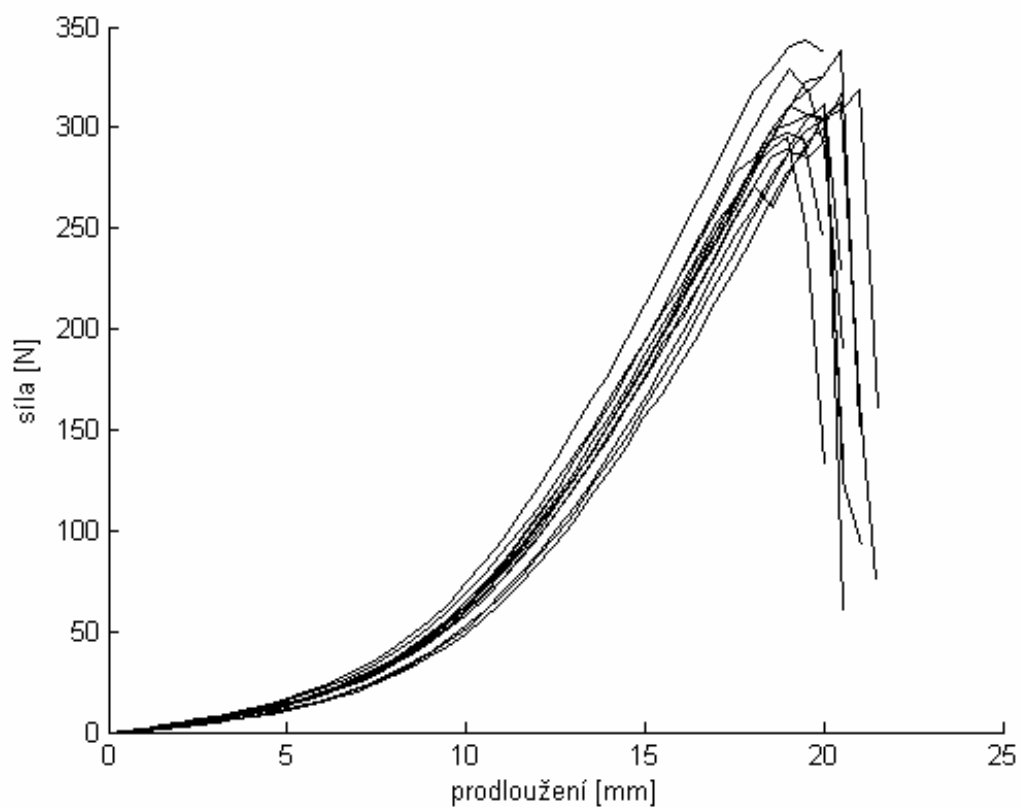
Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku plátňové vazby $du = 1900 \text{ m}^{-1}$ pro směr útku.



Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku $du = 2300 \text{ m}^{-1}$ pro diagonální směr.



Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku $du = 2300 \text{ m}^{-1}$ pro směr osnovy.



Pracovní diagram tahové zkoušky vzorku $du = 2300 \text{ m}^{-1}$ pro směr útku.

